

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotekehitys

2016

Kimmo Saviluoto

KRIITTISTEN VARAOSIEN HALLINTA

– HSY Helsingin seudun ympäristöpalvelut



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kimmo Saviluoto

KRIITTISTEN VARAOSIEN HALLINTA

Tässä opinnäytetyössä on tehty laite- ja varaosakartoitus HSY Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle. Laitekartoituksen avulla työssä selvitettiin puhdistamon prosessialueiden kriittisimmät laitteet. Kriittisillä laitteilla tarkoitetaan laitteita, joiden vikaantuminen aiheuttaa merkittävää haittaa puhdistusprosessille, henkilöturvallisuudelle tai ympäristölle, tai aiheuttaa muuta suurta haittaa vikaantuessaan. Varaosakartoitus tehtiin kriittisille laitteille, ja näille määritettiin kriittiset varaosat. Työssä luotiin myös varaosaluettelo hankinnan tueksi ja kriittisille varaosille ehdotettiin varastointisuunnitelmaa.

Puhdistamon laitekartoitusta tehtiin käyttämällä suomalaista PSK 6800 -standardia. Standardin menettelyn avulla pystyttiin luokittelemaan laitteet taloudellisten vaikutusten, henkilöturvallisuuden ja ympäristövaikutusten näkökulmista. Varaosakartoitus tehtiin Artturi Neo -kunnossapitojärjestelmän laitetietojen ja käytännön kokemuksen avulla.

Kartoitusten tuloksina saatiin määritettyä prosessialueiden kriittisimmät laitteet. Laitteiden vikaantumisiin pystytään varautumaan varaosakartoituksen avulla. Varaosakartoituksen ja kriittisten varaosien hankinnalla vähennetään laitteiden seisokkiaikoja, tehostetaan laitoksen toimintaa, parannetaan laitoksen turvallisuutta ja vähennetään ympäristöriskien suuruutta. Tehokkaalla varaosien hallinnalla vähennetään myös varastointikustannuksia. Tuloksia voidaan käyttää hyödyksi tulevaisuudessa, jos kriittisyyskartoituksen laajentaminen koko puhdistamoon koetaan tarpeelliseksi.

ASIASANAT: HSY, jätevedenpuhdistamo, kunnossapito, laitekartoitusta, varaosakartoitus

Kimmo Saviluoto

MANAGEMENT OF CRITICAL COMPONENTS

The purpose of this thesis was to make an analysis for machines and replacement parts for a wastewater treatment plant of HSY Viikinmäki. With the help of the machine analysis, the most critical machines in the process of the wastewater treatment plant were determined. Critical machines are machines that cause significant harm to the cleaning process, personal security, environment, or causes other great harm in case of a failure. A replacement part –analysis was performed for the critical machines and as a result critical components were determined for these machines. A replacement part list was also created in this thesis to help the purchasing department and a storage plan was made for the critical components.

The machine analysis of the wastewater treatment plant was done by using the Finnish PSK 6800 –standard. With the help of the standard, the machines were able to be categorized from the perspectives of finance, personal safety and the environmental impact. The study of the replacement parts was performed using the information from a maintenance system Artturi Neo and practical knowledge.

As a result of these studies, the most critical machines of the process sections were determined. In the future, the wastewater treatment plant can prepare for the failure of these machines with the replacement part –analysis. With the help of this –analysis and by purchasing the critical replacement parts, the downtimes of machines are reduced, the operation of the wastewater treatment plant is boosted, the safety of the facility is increased and the environmental risks are reduced. An efficient management of the replacement parts also help to reduce storage costs. The results can be utilized in the future if expanding the critical analysis to the refinery is considered necessary.

KEYWORDS:

HSY, wastewater treatment plant, maintenance, machine mapping, replacement part mapping

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET (TAI SANASTO)	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tavoite ja taustat	8
1.2 Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY	9
1.3 Viikinmäen jätevedenpuhdistamo	9
1.4 Jäteveden puhdistusprosessi	10
2 KUNNOSSAPITO	11
2.1 Kunnossapidon määrittäminen	11
2.2 Kunnossapitolajit	11
2.3 Kunnossapidon vaikutus talouden näkökulmasta	12
2.4 Artturi Neo -kunnossapitojärjestelmä	14
2.5 Kunnossapidon varastointi	15
3 KRIITTISTEN LAITTEIDEN JA VARAOSIEN KARTOITUS	17
3.1 PSK 6800 -standardi ja kriittisyyskartoituksen suorittaminen	17
3.1.1 Painoarvojen määrittäminen	18
3.1.2 Laitetasen kriittisyyteen vaikuttavat tekijät	20
3.1.3 Laitetasen painoarvotekijät	21
3.1.4 Kriittisyysluokittelu	24
3.2 Muut tutkimustavat	24
3.2.1 RCM-menetelmä	25
3.2.2 TPM (Total Productive Maintenance)	25
3.2.3 Asset Management	26
4 TYÖN SUORITUS	27
4.1 Aiheen rajaaminen	28
4.2 Kriittisten laitteiden määrittäminen	28
4.3 Varaosakartoitus	30
5 TULOKSET	32
5.1 Tulopumput	32
5.1.1 Tulopumppaamo 1	32
5.1.2 Tulopumppaamo 2	35

5.2 Hiekkapesurit	35
5.3 Kalkin syöttö	37
5.4 Ilmastusilmakompressorit	39
5.5 Palautuslietepumput	40
5.6 Poistopumppaamo	41
5.7 Mädättämön syöttöpumput	42
5.8 Polymeerinvalmistuslaitteisto	43
5.9 Mädättämön kierrätyspumput	44
5.10 Lietesiilot	46
6 YHTEENVETO JA POHDINTA	47
LÄHTEET	49

LIITTEET

- Liite 1. PSK 6800 –standardi. Excel-pohja
- Liite 2. Tulopumppaamo, laitekartoitus
- Liite 3. Hiekkapesurit, laitekartoitus
- Liite 4. Kalkinsyöttö, laitekartoitus
- Liite 5. Ilmastusilmakompressorit, laitekartoitus
- Liite 6. Palautuslietepumput, laitekartoitus
- Liite 7. Poistopumppaamo, laitekartoitus
- Liite 8. Mädättämönsyöttöpumput, laitekartoitus
- Liite 9. Polymeerinvalmistuslaitteisto, laitekartoitus
- Liite 10. Mädättämön kierrätyspumput, laitekartoitus
- Liite 11. Lietesiilot, laitekartoitus
- Liite 12. Varaosaluettelo

KUVAT

Kuva 1. Viikinmäen jätevedenpuhdistamon toiminta-alue (HSY 2016).	10
Kuva 2. Viikinmäen jätevedenpuhdistusprosessi (HSY 2016).	10
Kuva 3. Kunnossapitolajit (PSK 7501-standardi).	12
Kuva 4. Kunnossapidon kustannusten jakaantuminen teollisuudessa. (Järviö ym. 2007, 28.)	13
Kuva 5. Kustannusten jakautuminen kunnossapitolajeittain. (Kunnossapitoyhdistys 2007.)	13
Kuva 6. Artturi Neo -järjestelmän aloitusnäyttö.	15
Kuva 7. Kriittisyyskartoituksen suorittaminen PSK 6800 -standardin mukaan.	18

Kuva 8. Tuotannon menetykseen vaikuttavat painoarvokertoimet. (PSK 6800 – standardi.)	19
Kuva 9. Turvallisuusriskien kertoimet (PSK 6800 -standardi).	22
Kuva 10. Ympäristöriskien kertoimet. (PSK 6800 –standardi.)	22
Kuva 11. Esimerkki kriittisyysluokittelusta.	24
Kuva 12. Työn suoritus.	27
Kuva 13. Laitekartoituksen eteneminen.	29
Kuva 14. Hiekkapesuri. (Hydropress Huber AB)	36

TAULUKOT

Taulukko 1. Laitetason kriittisyyden tekijät (OTE PSK 6800 -standardista).	20
Taulukko 2. Kriittiset varaosat tulopumpuille.	33
Taulukko 3. Tulopumppaamo 1, vanhempien pumppujen huoltopaketti	33
Taulukko 4. Tulopumppaamo 1, uudempien pumppujen huoltopaketti	34
Taulukko 5. Hiekkapesurin vaihdettavat osat	36
Taulukko 6. Kalkinsyöttö. Kriittiset varaosat	37
Taulukko 7. Moniruuviannostimen kriittiset varaosat	38
Taulukko 8. Kalkinsiirtoruuvien kriittiset varaosat	38
Taulukko 9. Kalkkimaidon sekoittimen kriittiset varaosat	39
Taulukko 10. Ilmastusilmakompressorien kriittiset varaosat	39
Taulukko 11. Palautuslietepumput. Perushuoltopakettien sisältö	41
Taulukko 12. NE 120B-pumppujen perushuoltopaketti	42
Taulukko 13. Polymeerinvalmistuslaitteisto.	43
Taulukko 14. NE 60B-huoltopaketti	43
Taulukko 15. FLYGT-pumppujen varaosat	45
Taulukko 16. NE 200B-pumpun peruskorjaussarja	45

KÄYTETYT LYHENTEET (TAI SANASTO)

HSY	Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY.fi)
Kunnossapito	Kunnossapito on tuotantoon liittyvien koneiden ja laitteiden sekä tuotantokiinteistön toimintakunnon ylläpitoon liittyvä yleistermi (kunnossapitoyhdistys ry)
Seisokki	Tila, jossa kohde ei ole toiminnassa riippumatta syystä (kunnossapitoyhdistys ry)
Käytettävyys	Kunnossapidon tunnusluku. Käyttöaika / Suunniteltu käyttöaika. Yksikkö %. (kunnossapitoyhdistys ry)
Laitekartoitus	Laitekartoituksen avulla määritetään korjaus- kunnossapito- ja varaosapalveluiden tarve. Laitekartoituksen avulla kerätään tietoa ja arvioidaan toimenpiteiden ajoitusta vikatilanteiden ehkäisemiseksi. (ABB.com)
Kriittinen laite	Laitteilla tarkoitetaan kohteita, joiden rikkoutumisesta tai pysähtymisestä aiheutuu suuri haitta. (kunnossapitoyhdistys ry)

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoite ja taustat

Opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa Viikinmäen jätevedenpuhdistamon prosessialueiden kriittisimmät laitteet, määrittää näille kriittiset varaosat ja laatia varastointisuunnitelma varaosille. Toimeksiannon tilaajana toimii HSY – Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut. Kriittiset laitteet kartoitetaan työssä kotimaisen PSK 6800 -standardin avulla. PSK 6800 -standardi on teollisuuden tarpeisiin luotu standardi, jonka avulla teollisuuden laitteiden tärkeys voidaan kartoittaa ottamalla huomioon henkilöturvallisuus-, ympäristö- ja taloudelliset vaikutukset. HSY oli ennen opinnäytetyön aloitusta määritellyt kriittiset prosessialueet Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla. PSK 6800 -standardia sovelletaan näihin prosessialueisiin, ja kartoituksen jälkeen näille laitteille laaditaan kriittiset varaosat. Varaosakartoitusta tehdään Artturi-kunnossapitojärjestelmän laitehistorian, vikatietojen sekä käytännön kokemuksen ja varaosatoimittajien tietojen perusteella. Työ on osa Viikinmäen jätevedenpuhdistamon kriittisten varaosien tarkastelua.

Työn alussa Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla oli valmiiksi kartoitettu puhdistamon tärkeimmät prosessialueet ja niitä oli 17. Työ rajattiin opinnäytetyöhön sopivaksi ja mukaan valittiin vain tärkeimmät prosessialueet. Lopullinen prosessialueiden lukumäärä on 10. Työ päädyttiin rajaamaan mekaanisen kunnossapidon laitteisiin, tärkeimpiin sähkömoottoreihin sekä muutamiin automaation osiin. Näin saadaan yleinen katsaus mekaanisen kunnossapidon osalta. Mikäli työ olisi kohdistunut myös sähkö- ja automaatiokunnossapitoon, puhdistamon laajuudesta johtuen työstä olisi tullut hyvin teoreettinen eikä varsinaisia kriittisiä varaosia ei olisi välttämättä pystytty laatimaan. Keskusteluissa päädyttiin siihen tulokseen, että tässä tarkastelussa mukana olleille prosessialueille laaditaan tulevaisuudessa mahdollisesti erillinen selvitys.

1.2 Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY

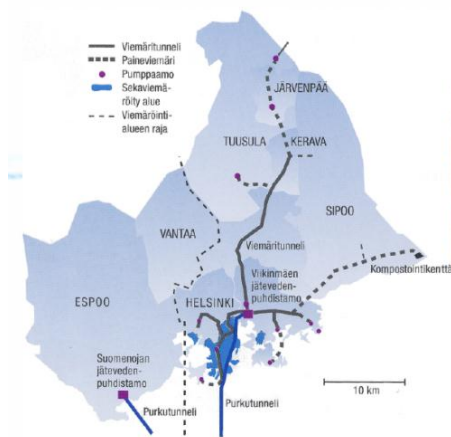
Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY on kuntayhtymä, jonka tavoitteena on tuottaa vesihuoltoon ja jätehuoltoon liittyviä palveluja sekä tietoa pääkaupunkiseudusta ja ympäristöstä.

Päätehtävinä HSY:llä on:

- vesihuolto – korkealaatuisen juomaveden toimitus yli miljoonalle pääkaupunkiseudun asukkaalle sekä kaupunkilaisten ja teollisuuden jätevesien tehokas puhdistus Itämeren suojelemiseksi.
- jätehuolto – HSY järjestää asuinkiinteistöjen ja julkishallinnon jätehuollon pääkaupunkiseudulla ja Kirkkonummella.
- seutu- ja ympäristötieto – Pääkaupunkiseudun ilmanlaadun seuraaminen 11 mittausasemalla. (HSY 2016a)

1.3 Viikinmäen jätevedenpuhdistamo

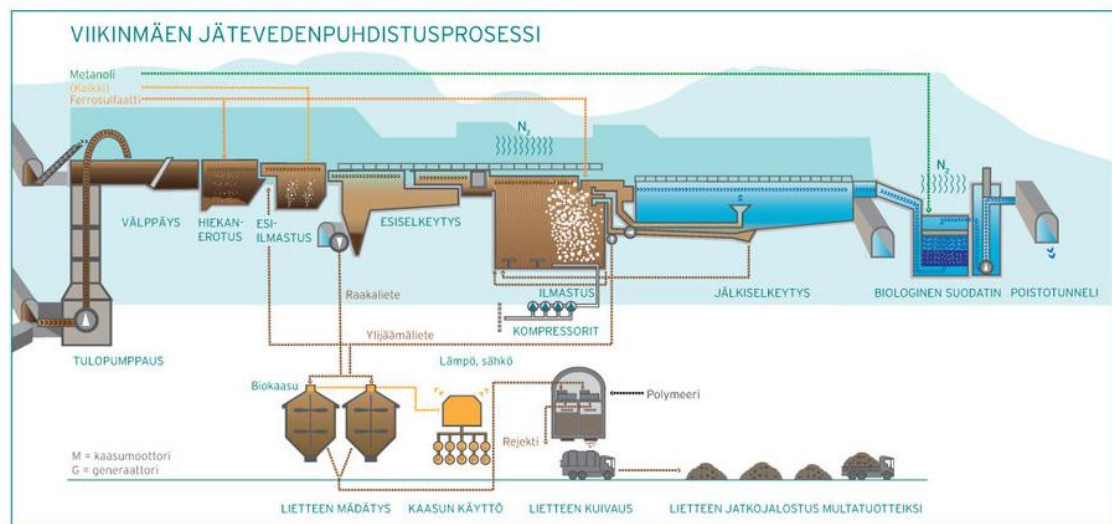
Viikinmäen jätevedenpuhdistamo sijaitsee Helsingissä, ja se on Pohjoismaiden sekä Suomen suurin jätevedenpuhdistamo. ”Viikinmäen kalliopuhdistamossa käsitellään paitsi Helsingin myös Vantaan keski- ja itäosien, Keravan, Tuusulan, Järvenpään ja Sipoon, toisin sanoen yhteensä noin 800 000 asukkaan sekä alueen teollisuuden jätevedet”. (HSY 2016) Puhdistamo on rakennettu kallion sisään ja puhdistamo toimii pääasiassa maan alle louhitussa luolastossa. Puhdistamo otettiin käyttöön vuonna 1994. Viikinmäen keskimääräinen vuorokautinen tulovirtaama vuonna 2014 oli 261 467 m³ ja suurin vuorokausivirtaama oli 481 331 m³ 10.1.2014 (HSY 2014). ”Puhdistamolle tulevasta jätevedestä noin 85 prosenttia on yhdyskuntajätevesiä ja 15 prosenttia teollisuusjätevesiä”. (HSY 2016.)



Kuva 1. Viikinkaari-jätevedenpuhdistamon toiminta-alue (HSY 2016).

1.4 Jäteveden puhdistusprosessi

Puhdistamon puhdistusprosessi sisältää kolme vaihetta: mekaanisen, biologisen ja kemiallisen puhdistuksen. Kuvassa 2 on esitetty Viikinkaari-jätevedenpuhdistusprosessi sekä sivutuotteena syntyvän lietteen prosessointi. Viikinkaari-jätevedet johdetaan 16 kilometrin pituisessa kalliotunnelissa avomerelle. Varsinainen purku tapahtuu noin kahdeksan kilometrin päässä Helsingin eteläkärjestä yli 20 metrin syvyydessä, Katajaluodon edustalla. (HSY 2016.)



Kuva 2. Viikinkaari-jätevedenpuhdistusprosessi (HSY 2016).

2 KUNNOSSAPITO

Kunnossapidon tärkein tehtävä on pitää laitteet jatkuvassa käyttökunnossa. Tähän kuuluvat rikkoutuneiden laitteiden ja komponenttien sekä osien korjaukset, mutta korjaustoiminta ei ole kunnossapidon päätarkoitus. Nykynäkemyksen mukaan kunnossapito on tärkeä tuotannontekijä eikä pelkästään kustannus. Tehokkaan kunnossapidon avulla varmistetaan tuotantolaitoksen kilpailukyky. (Mikkonen 2009, 25.)

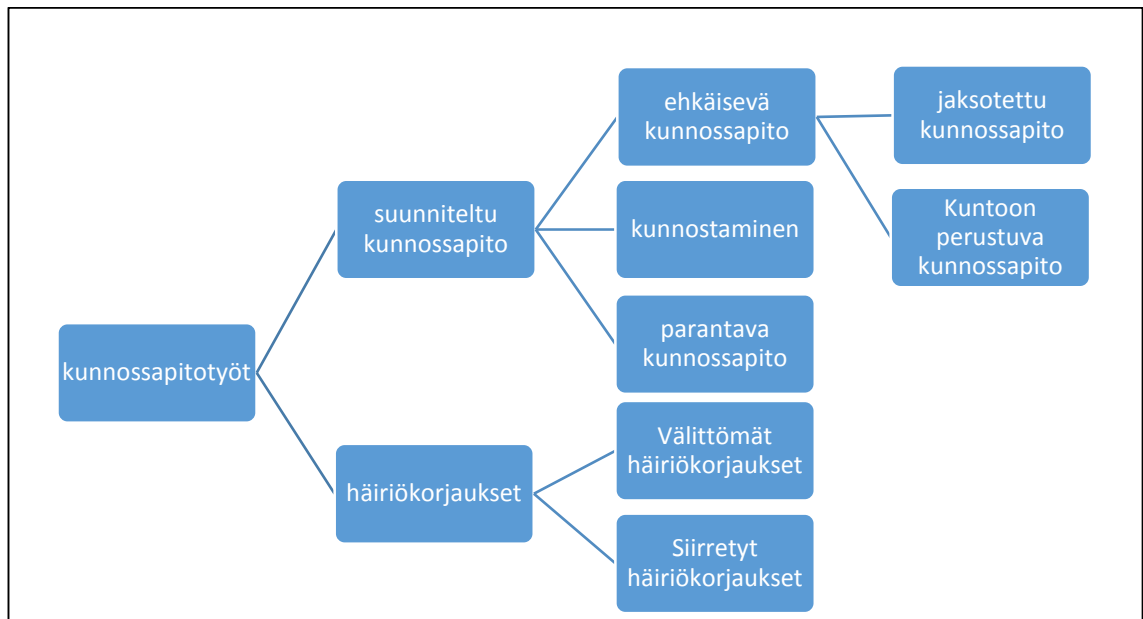
2.1 Kunnossapidon määrittäminen

Kunnossapidon määrittämisestä on monia kotimaisia ja ulkomaisia standardeja sekä teoksia. Standardin PSK 6201 mukaan kunnossapito määritellään seuraavasti: ”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.” Lyhyesti sanottuna laitteesta pitää tietää mitä sen halutaan tekevän. Tällä tarkoitetaan sitä, että laitoksessa pitää olla selkeä näkemys siitä, millaista suorituskkyä laitteelta odotetaan. Suorituskky vuorostaan määrää sen, mitä ja minkälaisia tuloksia ja tasoa kunnossapidolta halutaan. Laitteelta vaadittavat tulokset ja tason pohjalta määritellään kunnossapitostrategia ja kunnossapidon käytännön toimenpiteet. (Mikkonen 2009, 26.)

2.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapitolajeja pystytään tarkastella eri näkökulmista. SFS-EN 13306 -standardin mukaan kunnossapito jaetaan vian havaitsemisen mukaan ehkäisevään ja korjaavaan kunnossapitoon. Ehkäisevään kunnossapitoon sisältyvät kaikki ne toimenpiteet, joita suoritetaan ennen, kuin vika aiheuttaa laitteen tai komponentin toiminnan pysähtymisen. Korjaavaan kunnossapitoon sisältyy toimenpiteet, joita suoritetaan laitteen vikaantumisen jälkeen. (Järviö ym. 2007, 46.)

Toinen näkökulma kunnossapitolajien tarkasteluun on PSK 7501 -standardi. PSK 7501 -standardi tarkastelee asioita jakamalla kunnossapitolajit kahteen luokkaan, sen mukaan kuuluvatko ne suunniteltuun kunnossapitoon vai häiriökorjauksiin. Kuvassa 3 on esitetty PSK 7501:n mukaiset kunnossapitolajien suhteet toisiinsa. (Järviö ym. 2007, 46-48.)

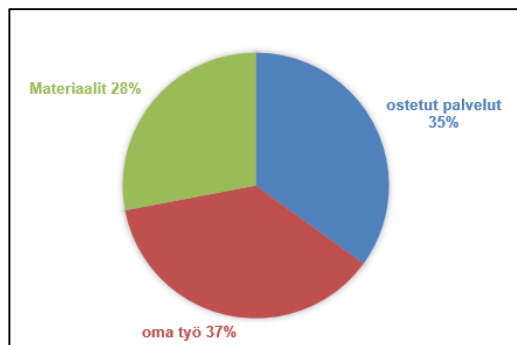


Kuva 3. Kunnossapitolajit (PSK 7501-standardi).

2.3 Kunnossapidon vaikutus talouden näkökulmasta

Kunnossapito on yksi suurimmista yrityksen kustannuksista, pääoma ja raaka-ainekustannusten jälkeen suurin. Kunnossapidon kustannukset asettavat haasteita yrityksille, koska kunnossapidon vaikutus yrityksen tuloksen muodostumiseen on epäsuora. Vaikutuksen tunteminen on välttämätöntä, jotta pystytään selvittämään esimerkiksi kunnossapitopanostusten synnyttämät tuotot. Tuotantolaitoksen tehtävä on tuottaa hyödykkeitä mahdollisimman tuottavasti ja tämä on myös kunnossapito-osaston tärkein päämäärä. Kuvassa 4 on esitetty kunnossapidon kustannusten jakaantuminen. Kustannukset jakaantuvat teollisuudessa kolmeen lähes yhtä suureen osa-alueeseen ja nämä ovat ostetut palvelut eli alihankintatyö ja urakoihin sisältyvät materiaalit, omat työt eli palkkakustannukset,

tilat, koneet, työkalut, pääomakustannukset ja yleiskustannukset, sekä materiaalit eli varaosat ja tarvikkeet. (Järviö ym. 2007, 26-29.)



Kuva 4. Kunnossapidon kustannusten jakaantuminen teollisuudessa. (Järviö ym. 2007, 28.)

Kunnossapitolajeittain kustannukset Suomen teollisuudessa jakautuvat kuvan 5 mukaisesti. Häiriökorjauksilla tarkoitetaan vaurioiden ja vikojen suunnittelemattomia korjauksia. Parantavaan kunnossapitoon luokitellaan luotettavuuden ja kunnossapidettävyyden parantamiseen tähtäävät toimenpiteet. Muuhun suunniteltuun kunnossapitoon lasketaan laitteiden kunnostaminen esimerkiksi varaosiksi. Ehkäisevään kunnossapitoon luetaan määräaikaisten kunnossapidon toimenpiteet, kunnonvalvonta ja kuntoon perustuva suunniteltu korjaus. (Mikkonen 2009, 41.)



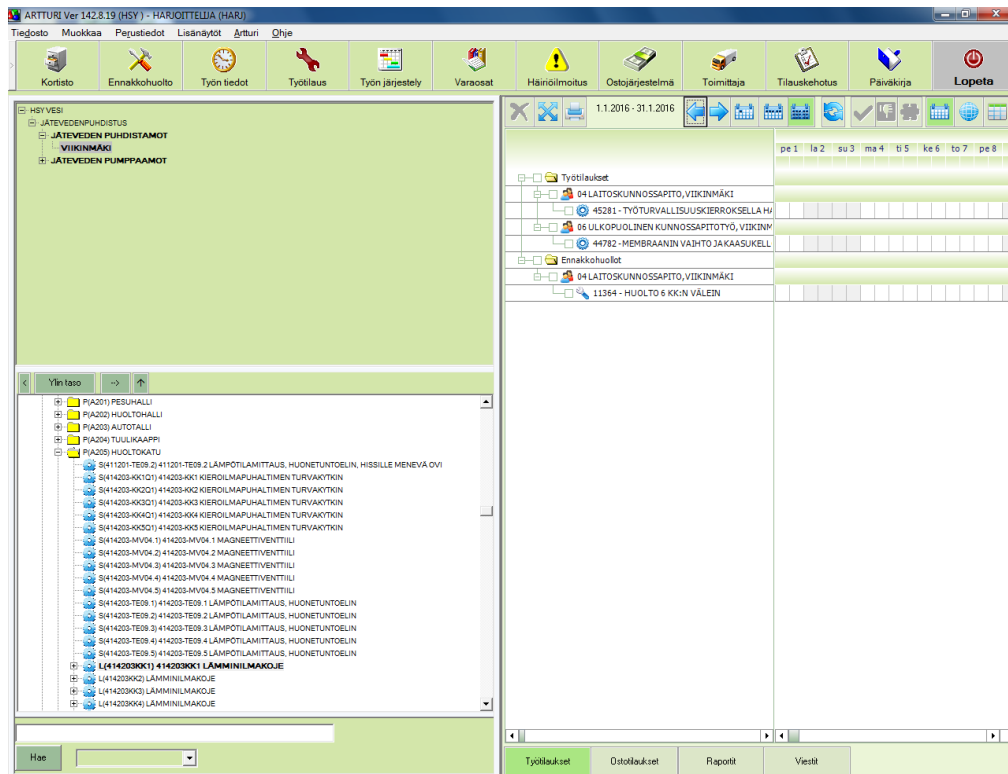
Kuva 5. Kustannusten jakautuminen kunnossapitolajeittain. (Kunnossapitoyhdistys 2007.)

2.4 Artturi Neo -kunnossapitojärjestelmä

Kunnossapitojärjestelmät on luotu helpottamaan päivittäistä kunnossapitoa ja kunnossapidon seurantaan. Järjestelmän tulee olla käytössä kaikilla niillä, jotka ovat tekemisissä kunnossapidon ja tuotannon kanssa.

Viikinmäessä on käytössä Artturi Neo -kunnossapitojärjestelmä. Käyttöliittymä on suunniteltu helppokäyttöiseksi ja nopeaksi käyttää. Artturin avulla voidaan hallita kunnossapidon töitä ja kohteita, materiaaleja sekä varaosia järjestelmässä. Lisätoiminnallisuuksia ovat osto- ja myyntitoiminnot. Artturi soveltuu helposti erikoisten organisaatioiden käyttäjämäärien ja tarpeiden mukaisesti. Artturi täyttää ISO 9001:n asettamat vaatimukset tuotannon jatkuvan suorituskyvyn turvaamiselle. Artturilla on rajapintaliitännät muihin järjestelmiin muun muassa SAP:iin. Tämä mahdollistaa tiedon siirtämisen järjestelmien välillä.

Kuvassa 6 on esitetty Artturi-järjestelmän aloitusnäyttö. Artturissa on 11 sovelusta: kortisto, ennakkohuolto, työn tiedot, työtilaus, työn järjestely, varaosat, häiriöilmoitus, ostojärjestelmä, toimittaja, tilauskehoitus sekä päiväkirja. Näistä tärkein ja eniten käytetyin on päiväkirja-sovellus. Päiväkirjasta saadaan selville muun muassa mitä on tehty, kuka on tehnyt ja mitä materiaaleja työssä on käytetty.



Kuva 6. Artturi Neo -järjestelmän aloitusnäyttö.

2.5 Kunnossapidon varastointi

Kunnossapidossa varastointitarve on tuotannon varastointitarvetta haastavampi, koska varastossa on paljon nimikkeitä ja yksittäisiä komponentteja saatetaan tarvita harvoin. Kunnossapidon varastoinnissa on aina kyse taloudellisesta optimoinnista. Materiaalien ja varalaitteiden varastointikustannuksia sekä toimitusten nopeuttamisesta aiheutuvia lisäkustannuksia täytyy verrata tuotannon keskeytyksistä aiheutuviin kustannuksiin. Opetushallituksen, kunnossapito menestystekijän (2016) mukaan varastointitarvetta pohtiessa täytyy ottaa huomioon seuraavia tekijöitä:

- kriittisyys eli osan tai komponentin vikaantumisen vaikutus tuotannon keskeytyskustannuksiin
- rinnakkaisten tuotantolaitteiden kapasiteetin nostamismahdollisuus
- hankintahinta
- toimitusaika ja hankintakanavan luotettavuus

- varalaitemahdollisuus
- varastoinnin kustannukset
- välivarastot
- korvattavuus
- vikaantumisen todennäköisyys
- vikaantuneen osan korjausmahdollisuudet
- koko laitteen jäljellä oleva käyttöikä

(Opetushallitus, Kunnossapito menestystekijä 2016.)

Arviolta puolet logistiikkakustannuksista ovat varastoinnin ja varastointiin sitoutuvan pääoman kustannuksia. Näin esimerkiksi varastoitavien osien valinnalla ja varastointia kehittämällä voidaan parantaa kustannustehokkuutta. (Logistiikanmaailma 2016) Varastoitavien osien valinnalle on tyypillistä esimerkiksi varastojen keskittäminen isoihin keskusvarastoihin. Tavoitteena tämänlaisessa keskittämisessä on se, että tarvitsija saa tiedon nopeasti siitä, missä varastossa tarvittava varaosa on ja että osa pystytään toimittaan tietyn ennalta sovitun ajan kuluessa esim. yhden työpäivän kuluessa. Esimerkiksi kalliiden laitteiden ja komponenttien suhteen on usein omaa varastointia edullisempaa, jos valmistaja varastoi kyseisiä laitteita. (Opetushallitus, kunnossapito menestystekijä 2016.)

Varastoitavien osien valinnalle haasteita aiheuttavat myös varaosien kysynnän ennustaminen, koska kysyntä on satunnaista. Varaosien kysyntää pystytään ennustamaan jossain määrin keräämällä tietoa laitteiden vikaantumisväleistä ja varaosien elinkaarista. Kysyntää ei pystytä kuitenkaan arvioida keskilukutuksen mukaan johtuen kysynnän vuorottelevista kysyntäpiikeistä ja olemattoman kysynnän jaksoista, joten keskimääräinen kulutus ei kuvaa varastointitarvetta kovin hyvin. (RELEX, 2008.)

3 KRIITTISTEN LAITTEIDEN JA VARAOSIEN KARTOITUS

Kriittisillä laitteilla tarkoitetaan laitteita, joiden rikkoutuminen tai pysähtyminen aiheuttaa suurta haittaa tai kustannuksia. Toiminnan kannalta vain osa laitteista on kriittisiä. Jotta laitteet pystytään todeta kriittisiksi, on aluksi tehtävä laitekartoitus ja asetettava laitteet tärkeysjärjestykseen. Mahdollisten rikkoutumisten varalle on laadittava varautumissuunnitelma. Varsinainen laitekartoitus tehdään arvioimalla kaikki laitteet: mistä laitteista/laitteistosta aiheutuu suurin haitta ja mistä laitteesta seuraavaksi suurin. Haitan arviointi tehdään käytännön kokemuksen perusteella ja/tai seurannan sekä kunnossapitojärjestelmän myötä saatuihin tilastoihin tai riskianalyysiin. Tärkeitä kartoituksessa on selvittää laitteet, joille on vaikea saada varaosia. Kartoituksessa tulee huomioida myös laitteet, jotka aiheuttavat eniten työtä ja kustannuksia. (Opetushallitus, Ennakkohuolto ja ehkäisevä kunnossapito 2014.)

3.1 PSK 6800 -standardi ja kriittisyyskartoituksen suorittaminen

Laitteiden kriittisyyskartoitusta varten on olemassa kotimainen PSK 6800 -standardi. Standardin menettelyssä kriittisyyttä arvioidaan kolmesta eri näkökulmasta: taloudellisten vaikutusten, henkilöturvallisuuden ja ympäristövaikutusten näkökulmista, missä taloudellisilla vaikutuksilla on pääsääntöinen ja suurin vaikutus muihin tekijöihin nähden. (PSK 6800, 2008, 1.)

Standardin mukaan ”Kriittisyys on ominaisuus, joka kuvaa kohteeseen liittyvän riskin suuruutta. Kohde on kriittinen, jos siihen liittyvä riski (henkilöiden loukkaantumiseen, merkittäviin aineellisiin vahinkoihin ja tuotannon menetykseen tai muihin ei hyväksyttäviin seuraksiin liittyvä riski) ei ole hyväksyttävällä tasolla” (PSK 6800, 2008, 2.)

Standardin menetelmää käytetään kriittisyyden arvioimiseksi tyypillisesti kunnossapitosuunnitelman alkutietojen tuottamiseen. Menetelmä sopii myös hankinnan

tueksi. PSK 6800 -standardin kriittisyyskartoitus suoritetaan kuvan 7. mukaan. (PSK 6800, 2008, 3.)

1. Määritetään ja rajataan tarkastelun laajuus.
2. Määritetään standardin mukaan tuotannon menetyksen painoarvo W_p .
3. Arvioidaan standardin taulukossa annettujen painoarvojen soveltuvuutta toimialalle ja tarvittaessa muutetaan annettuja painoarvoja.
4. Syötetään tarkasteltavat laitteet standardissa annettuun excel-tilukkuun.
5. Pisteytetään tarkasteltavat laitteet taulukon kertoimien avulla.
6. Excel-tilukku laskee laitteiden kriittisyysindeksin ja sen osaindeksit käyttäen hyväksi aiemmin laskettuja osaindeksejä.
7. Tehdään kriittisyysluokittelu lajittelemalla laitteet kriittisyysindeksin K mukaiseen järjestykseen.
8. Määritetään raja-arvo, jonka ylittävät laitteet todetaan kriittisiksi toiminnan kannalta. Näille laitteille tehdään tarkempi tarkastelu. Tämä raja määritetään kokemusperäisesti.

Kuva 7. Kriittisyyskartoituksen suorittaminen PSK 6800 -standardin mukaan.

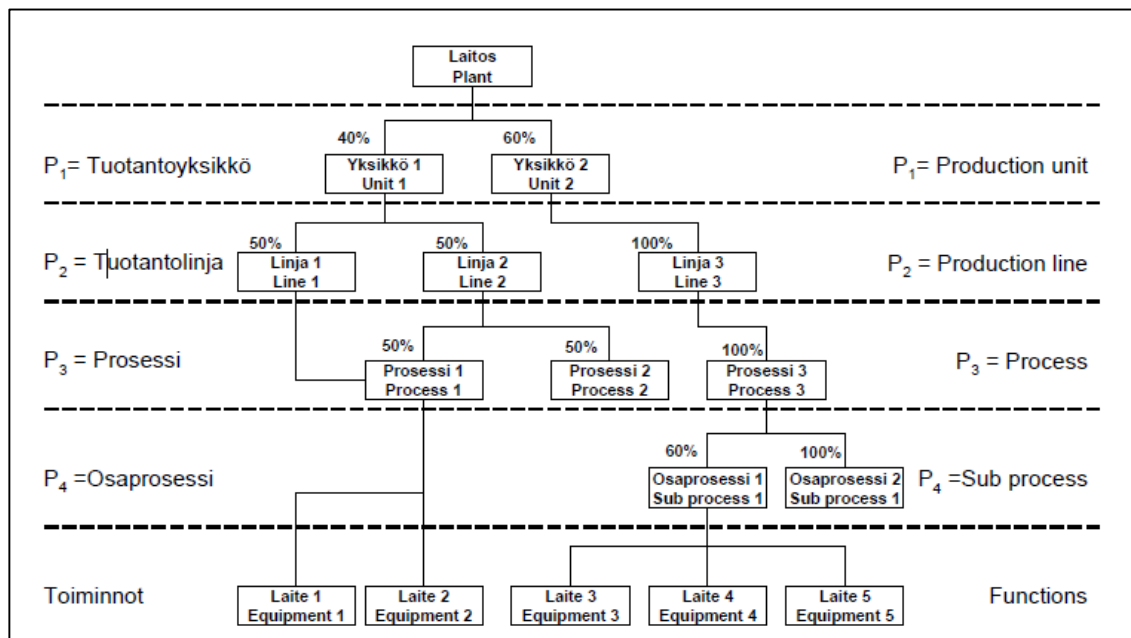
Kriittisyyden arvioinnin alkuvaiheissa määritetään ja rajataan tarkastelun laajuus, toisin sanoen koskeeko kriittisyysarviointi koko laitosta vai jotain sen osastoa tai muuta erikseen rajattua kohdetta. Tämän jälkeen ryhdytään määrittämään eri painoarvoja, joiden mukaa laitteiden Kriittisyysindeksi K lasketaan. Painoarvo-kertoimien määrittämisen jälkeen laitteet syötetään Exceliin ja ne pisteytetään standardin taulukon kertoimien avulla. Tämän seurauksena ohjelma laskee laitteiden kriittisyysindeksin, jonka jälkeen tehdään kriittisyysluokittelu. Viimeisimmässä vaiheessa määritetään raja-arvo, jonka ylittävät laitteet todetaan kriittisiksi. (Mikkonen 2009, 148.)

3.1.1 Painoarvojen määrittäminen

Tarkastelun määrittämisen ja rajaamisen jälkeen määritetään kriittisyyskartoituksessa käytettävät painoarvot. Ensimmäinen painoarvo, joka standardissa määri-

tetään, on tuotannon menetyksen painoarvo W_p , jota käytetään tuotantoprosessin kriittisyyden tarkasteluun. Painoarvoa määritettäessä oletetaan, että käyttöhyödykeprosessit, kuten höyryn, paineilman ja sähkön tuotannot toimivat. (PSK 6800, 2008, 4.)

Tuotannon menetyksen painoarvo W_p lasketaan neljän painoarvokertoimen avulla: P_1 , P_2 , P_3 ja P_4 . Painoarvokertoimet kuvaavat laitoksen prosessitoimintojen keskinäistä riippuvuutta (PSK 6800 -standardi). P_1 kuvaa tuotantoyksikön painoarvoa, P_2 kuvaa tuotantolinjan painoarvoa, P_3 prosessin painoarvoa sekä P_4 osaprosessin painoarvoa. Kuvassa 8 on esitetty prosessihierarkia ja sen vaikutus painoarvokertoimiin. (PSK 6800, 2008, 4-6.)



Kuva 8. Tuotannon menetykseen vaikuttavat painoarvokertoimet. (PSK 6800 – standardi.)

Jos laitoksessa on esimerkiksi kolme identtistä tuotantoyksikköä, joiden tuotot ovat samat keskenään, niin tuotantoyksikköjen painoarvokertoimet olisivat $P_1 = 33\%$. Samalla tavalla voidaan ajatella tuotantolinjasta, jos tuotantoyksiköllä on esimerkiksi kaksi keskenään identtistä tuotantolinjaa, niin P_2 on 50 %. Prosessin painoarvokerroin P_3 on aina 100 %, mikäli sen toimimattomuus pysäyttää tuotantolinjan. Osaprosessin painoarvokerroin P_4 on aina 100 %, mikäli se pysäyttää

prosessin tai tuotantolinjan. Kun painoarvokertoimet ovat määriteltä, niin voidaan siirtä laskemaan tuotannon menetyksen painoarvo, joka lasketaan kaavan 1 mukaisesti. (PSK 6800, 2008, 4-6.):

$$W_p = P_4 \times P_3 \times P_2 \times P_1, (1)$$

3.1.2 Laitetason kriittisyyteen vaikuttavat tekijät

Painoarvokertoimien ja tuotannon menetyksen määrittelyn jälkeen arvioidaan, sopivatko standardin taulukossa annetut muut painoarvot sovellettavalle teollisuuden toimialalle. Standardissa annettuja painoarvoja voidaan muuttaa tarvittaessa. (PSK 6800, 2008, 3.)

Taulukko 1. Laitetason kriittisyyden tekijät (OTE PSK 6800 -standardista).

Taulukko 1 Laitetason kriittisyyden tekijät ¹⁾

Kohde	Painoarvo [W]	Vikaantumisväli [p]	Kerroin [M]	Valintakriteeri
Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit W _e = 30	1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta 2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2 – 5 vuotta 4 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5 – 2 vuotta 8 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0 – 0,5 vuotta	M _s = 0	Ei turvallisuusriskiä
			M _s = 2	Vähäinen turvallisuusriski
			M _s = 4	Kohtalainen turvallisuusriski
			M _s = 8	Merkittävä turvallisuusriski
			M _s = 16	Vakava turvallisuusriski
	Ympäristöriskit W _e = 20		M _e = 0	Ei ympäristöriskiä
			M _e = 2	Vähäinen ympäristöriski
			M _e = 4	Kohtalainen ympäristöriski
			M _e = 8	Merkittävä ympäristöriski
			M _e = 16	Vakava ympäristöriski
Tuotantovaikutukset	Tuotannon menetykset W _p = 0...100		M _p = 0	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle
			M _p = 1	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi ≤3 h)
			M _p = 2	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi ≤10 h)
			M _p = 3	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esimerkiksi 10 - 24 h)
			M _p = 4	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esimerkiksi >24 h)
	Laatukustannus W _q = 30		M _q = 0	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia.
			M _q = 1	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤1 h)
			M _q = 2	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤3 h)
			M _q = 3	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 3-8 h)
			M _q = 4	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >8 h)
Korjaus- tai seurauskustannukset	Korjaus- tai seurauskustannus W _r = 20		M _r = 0	Korjauskustannuksilla tai seurauskustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.
			M _r = 1	Vähäiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤2 h)
			M _r = 2	Keskinkertaiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤10 h)
			M _r = 3	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 10-24 h)
			M _r = 4	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >24 h)

¹⁾ Lukuarvot ovat ohjeellisia

Taulukosta 1 on nähtävissä kolme eri kohdetta: Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset, Tuotantovaikutukset sekä korjaus- tai seurauskustannukset. Tämän lisäksi taulukossa on viisi painoarvoa sekä vikaantumisväli, jotka vaikuttavat laitetason kriittisyyden tekijöihin: turvallisuusriskit W_s , ympäristöriskit W_e , tuotannon menetys W_p , laatukustannus W_q , korjaus- tai seurauskustannukset W_r sekä vikaantumisväli. (PSK 6800, 2008, 7.) Kun laitetaso kriittisyyteen vaikuttavat tekijät on määritetty, niin tämän jälkeen tarkasteltavat laitteet syötetään standardin liitteessä olevaan Excel-taulukkoon ja tarkasteltavat laitteet pisteytetään. Excel-taulukko laskee laitteiden kriittisyysindeksin kaavan 2 mukaan (PSK 6800, 2008, 3.):

$$K = p \times (W_s \times M_s + W_e \times M_e + W_p \times M_p + W_q + M_q + W_r \times M_r), (2)$$

3.1.3 Laitetaso painoarvotekijät

Laitetaso turvallisuus- ja ympäristövaikutuksia, tuotantovaikutuksia sekä korjaus- tai seurauskustannuksia voidaan käsitellä seuraavien esimerkkien avulla. (PSK 6800, 2008, 9.)

Turvallisuusriskit

PSK 6800 -standardissa turvallisuusriskeillä tarkoitetaan henkilön terveyteen kohdistuvaa vaaran mahdollisuutta. Turvallisuusriskin kerroin kasvaa eksponentiaalisesti ja riskin suuruutta voidaan arvioida esimerkiksi kuvan 9 mukaan. (PSK 6800, 2008, 9.):

Kerroin 0	Ei turvallisuusriskiä Laitteen vikaantuminen ei aiheuta loukkaantumis- tai terveysvaaraa.
Kerroin 2	Vähäinen turvallisuusriski Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa lievän loukkaantumisen tai sairastumisen.
Kerroin 4	Kohtalainen turvallisuusriski Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa vakavan sairastumisen tai loukkaantumisen, josta jää pysyvä haitta.
Kerroin 8	Merkittävä turvallisuusriski Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa yhden tai useamman kuolonuhrin.
Kerroin 16	Vakava turvallisuusriski Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa yhden tai useamman kuolonuhrin ja vakavan vaaratilanteen tehtaan ympäristössä.

Kuva 9. Turvallisuusriskien kertoimet (PSK 6800 -standardi).

Laitteen kriittisyysindeksi K_s lasketaan kaavan 3 mukaan (PSK 6800, 2008, 9):

$$K_s = p \times (W_s \times M_s), (3)$$

Ympäristöriski

Ympäristöriskillä tarkoitetaan PSK 6800 -standardissa laitosalueelle tai sen ulkopuolelle kohdistuvaa ympäristön saastumisen mahdollisuutta (PSK 6800, 2008, 10). Ympäristöriskin kerroin kasvaa eksponentiaalisesti ja sitä voidaan arvioida esimerkiksi kuvan 10 mukaisesti (PSK 6800, 2008, 10.):

Kerroin 0	Ei ympäristöriskiä Laitteen vikaantuminen ei aiheuta ympäristön saastumisen vaaraa.
Kerroin 2	Vähäinen ympäristöriski Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa ympäristön likaantumista laitosalueella.
Kerroin 4	Kohtalainen ympäristöriski Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa paikallista laitosalueen saastumista.
Kerroin 8	Merkittävä ympäristöriski Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa laitosalueen ja lähiympäristön saastumista.
Kerroin 16	Vakava ympäristöriski Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa saastumista laitosalueella ja laajalla alueella sen ympäristössä, jonka korjaaminen vaatii suuria taloudellisia panostuksia ja palautuminen voi kestää useita vuosia.

Kuva 10. Ympäristöriskin kertoimet. (PSK 6800 –standardi.)

Laitteen kriittisyysindeksi K_e lasketaan kaavan 4 mukaisesti (PSK 6800, 2008, 10):

$$K_e = p \times (W_e \times M_e), (4)$$

Tuotannon menetys

”Tuotannon menetyksellä tarkoitetaan menetettyä tuotantoaikaa, joka on aiheutunut suunnittelemattomasta seisokista.” (PSK 6800, 2008, 10) Tuotannon menetyksen painoarvokerroin W_p lasketaan kappaleen 3.1.1 mukaan. Laitteen kriittisyysindeksi K_p lasketaan kaavan 5 mukaisesti tuotannon menetyksen osalta (PSK 6800, 2008, 10.):

$$K_p = p \times (W_p \times M_p), (5)$$

Laatukustannukset

Laatukustannuksilla tarkoitetaan PSK 6800 -standardissa kustannuksia, ”jotka aiheutuvat ylimääräisistä toimenpiteistä, joilla saatetaan tuotteen laatu alkuperäisesti suunnitellulle tasolle” (PSK 6800, 2008, 11). Laitteen kriittisyysindeksi K_q lasketaan laatukustannusten kannalta kaavan 6 mukaisesti. (PSK 6800, 2008, 11.):

$$K_q = p \times (W_q \times M_q), (6)$$

Korjaus- tai seurauskustannukset

Korjauskustannuksilla tarkoitetaan kustannuksia, joita aiheutuu laitteen vikaantumisessa. Seurauskustannuksilla tarkoitetaan kustannuksia, joita aiheutuu, ”kun laitteen vikaantuminen johtaa jonkin toisen laitteen vikaantumiseen” (PSK 6800, 2008, 11). Laitteen kriittisyysindeksi K_r lasketaan kaavan 7 mukaisesti (PSK 6800 -standardi.):

$$K_r = p \times (W_r \times M_r), (7)$$

3.1.4 Kriittisyysluokittelu

Laitetason kriittisyystekijöiden huomioimisen jälkeen voidaan tehdä kriittisyysluokittelu lajittelemalla laitteet kriittisyysindeksin K mukaiseen järjestykseen. Kun tarkasteltavan alueen kaikkien laitteiden kriittisyys on saatu arvioitua, määritetään raja-arvo, jota suuremman kriittisyyden saaneille laitteille tehdään tarkempi tarkastelu. Tämä raja-arvo määritetään kokemusperäisesti ja tällä menetelmällä voidaan luokitella Viikinmäen jätevedenpuhdistamon laitteet. Kuvassa 11 on esimerkki kriittisyysluokittelun tekemisestä paperiteollisuuden vedenpuhdistamoon. (PSK 6800, 2008, 3.)

0.2 Esimerkki puhdistamosta

Esimerkkinä on puhdistamon kriittisyysluokittelu. Sen tuotteena voidaan pitää puhdistettua jätevettä. Puhdistamon toimimattomuus aiheuttaa viiveellä tuotantolaitoksen alasajon. Esimerkki sopii myös käyttöhyödykeprosessien kriittisyystarkasteluun, jossa painotus ei ole voimakkaasti tuotannon menetyksessä.

0.2 Example of an effluent treatment plant

The criticality classification of an effluent treatment plant is given as an example. Purified wastewater may be considered the product. Non-operation of the effluent treatment plant will result, with delay, in a shutdown of a production plant. The example is also suitable for the criticality assessment of utility processes where the focus is not so strongly on the loss of production.

Taulukko 2 Puhdistamon kriittisyysluokittelu

Table 2 Criticality classification of an effluent treatment plant

Laitos

Paperiteollisuus

Kriittisyysluokittelun kohde

Vedenpuhdistamo

Tekijät

Versio

Päiväys

3.3.2008

Kriittisyyden raja-arvo

400

Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp

100

Toimintopaikan tunnus	Toimintopaikan nimi	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö 0...16	Tuotannonmenetykset (0...4)	Lopputuotteen laatuvaikutus (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriittisyysindeksi	Kriittisyyden osaindeksit					
		Painoarvo W →	30	20	100	30	20		K	Ka	Kb	Kp	Kq	Kr
KO-6878	LIETEKOURUN KAAVIN SELKEYTYSALLAS 1	2	2	8	4	2	3	1490	120	320	800	120	120	
KO-6887	AVR-ANNOSTELURUUVI	3	4	4	0	0	0	600	120	240	0	0	0	
PU-6100	DISPERSIOILMAKOMPRESSORI	3	2	4	0	0	0	420	60	240	0	0	0	
PU-6220	RIKKIHAPPON ANNOSTELUPUMP. 2, FLOT.	2	4	2	0	0	0	320	240	80	0	0	0	
PU-6110	RIKKIHAPPON ANNOSTELUPUMP. 1, FLOT.	2	2	2	0	0	0	200	120	80	0	0	0	
PU-6365	FLOKKAUSALLAS 2 SEKOITIN 2	2	2	2	0	0	0	200	120	80	0	0	0	
PU-6365	FLOTTAATIOALLAS 2 KAAVIN	1	2	2	0	0	0	100	60	40	0	0	0	
PU-6368	SYÖTTÖPUMPPAAMON TYHJENNYSPUMPPU	2	2	0	0	0	0	120	120	0	0	0	0	
SE-6121	KANAALIN TYHJENNYSPUMPPU	2	2	0	0	0	0	120	120	0	0	0	0	
SE-6203	AVR-LIETOSÄILIÖN SEKOITIN	2	2	4	0	0	0	280	120	160	0	0	0	
SE-6202	FLOTTAATION LIETOSÄILIÖN SEKOITIN	2	2	2	0	0	0	200	120	80	0	0	0	
SE-6754	POLYMEERIN LIUOTUSSÄ. SEKOITIN,FLOTTAATIO	2	2	4	0	0	0	280	120	160	0	0	0	
KO-6201	KANAALIN TYHJENNYSPUMPPU	2	2	0	0	0	0	120	120	0	0	0	0	
KO-6223	FLOTTAATIOALLAS 2 KAAVIN	1	0	2	0	0	0	40	0	40	0	0	0	
KO-6253	KIERTOVIESIPUMPPU	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Kuva 11. Esimerkki kriittisyysluokittelusta.

3.2 Muut tutkimustavat

Tässä esitetään ja selostetaan vaihtoehtoiset tutkimusmenetelmät, joita pohdittiin työn alussa.

3.2.1 RCM-menetelmä

RCM-menetelmän avulla kehitetään koneille tai sen osille kunnossapito-ohjelma. Kunnossapito-ohjelmien suunnittelu aloitetaan priorisoimalla prosessien laitteet ja kohdistamalla kunnossapito sitä eniten tarvitseville laitteille. Tyypillisiä priorisointikriteereitä laitteille ovat kustannukset, turvallisuus, ympäristövaatimukset ja laatu. Priorisoinnin jälkeen selvitetään miten laite voi vikaantua ja pohditaan jokaisen vikaantumisen aiheuttamia seurauksia. Tällä tavalla laitteet saadaan järjestettyä sen vikaantumisen seurauksien laajuuden perusteella. Tämän jälkeen pohditaan ja vertaillaan erilaisia kunnossapidon keinoja ja niiden käyttöä. Näiden kaikkien tietojen yhteenvetona luodaan kunnossapito-ohjelma. RCM-menetelmään liittyy olennaisesti työn suunnittelua, vikamuotojen ja vikojen vaikutusten tutkimista, sekä vikojen seurausten luokittelemista. (Järvio & Lehto 2012, 159-169.)

RCM-analyysin avulla saadaan kartoitettua kriittiset laitteet ja sen myötä kriittiset varaosat, mutta siihen sisältyy paljon muitakin työvaiheita esimerkiksi huolto-ohjelmien ja resurssien suunnittelua. (Järvio & lehto 2012, 174-178.)

3.2.2 TPM (Total Productive Maintenance)

TPM (total Productive Maintenance) suomennettuna tarkoittaa kokonaisvaltaista tuottavaa kunnossapitoa. TPM:n avulla koneille ja laitteille luodaan optimaaliset toimintaolosuhteet ja niitä ylläpidetään. Tähän tavoitteeseen päästään pitämällä kaikki ne koneet ja laitteet optimikunnossa, mistä tuotanto on riippuvainen. TPM:n pää tavoitteena on maksimoida koneiden kokonaistehokkuus ja kehittää kunnossapitosysteemi. Tavoitteisiin kuuluu myös kunnossapidon suunnittelun siirtäminen niille, joiden työtehtäviin koneet tai laitteet saattavat liittyä. Kriittisyyttä arvioidaan TPM:n avulla määrittämällä jokaisen koneen tai linjan kriittisyys kunnossapidon suhteen. Arviointi voidaan suorittaa esimerkiksi pisteyttämällä koneet annettujen kriteerien suhteen, joista on olemassa taulukkoarvot. Ensiksi arvioidaan

eniten pisteitä saanut kone tai linja, sitten käsitellään toiseksi eniten pisteitä saanut jne. Vaihtoehtoinen tapa arvioida laitteiden kriittisyyttä on tutkia laitteiden vikatietoja ja etsiä koneet, jotka ovat aiheuttaneet eniten ongelmia ja vioittumisia. TPM:ään siirtyminen on aikaa vievä ja mittava prosessi. Yrityksen siirtyminen TPM:ään täydellisesti vie vähintään 10 vuotta. (Järvio ym. 2007, 111-122.)

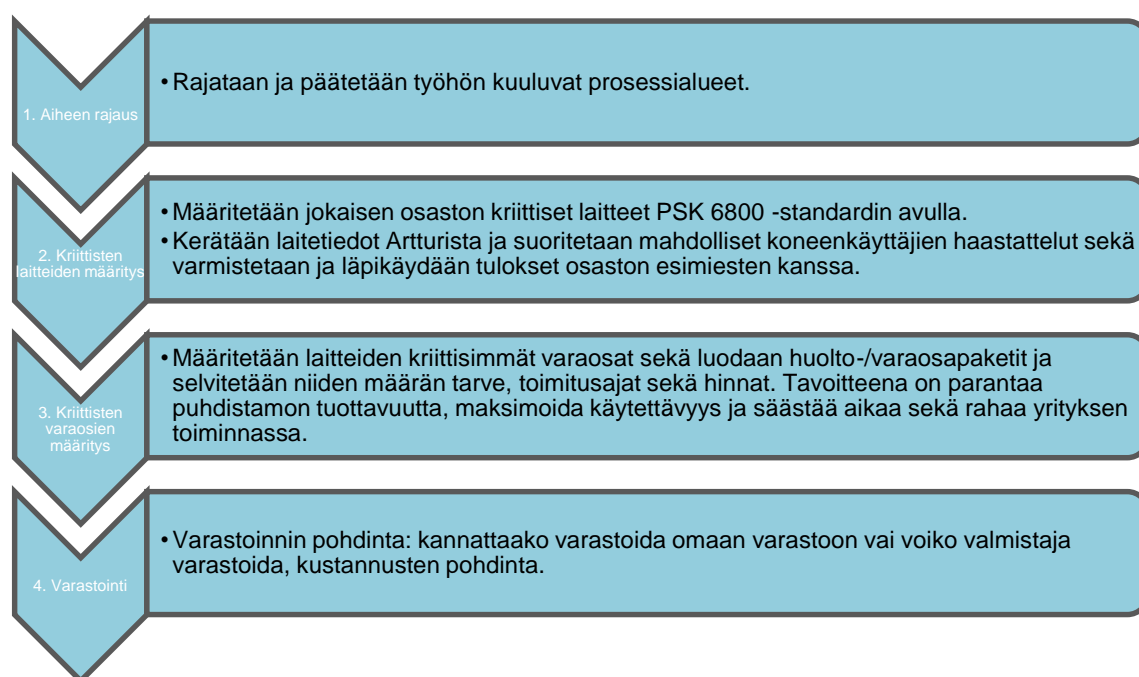
3.2.3 Asset Management

Asset Managementin tavoitteena on suunnitella tuotannon laitteiden toimintaa siten, että yritys pystyy saavuttamaan tavoitteensa mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Jotta kustannukset pystyttäisiin pitämään mahdollisimman alhaisina, niin kunnossapidon osa-alueiden täytyy olla kunnossa. Asset Managementissa kunnossapidon osa-alueisiin määritetään töiden hallinta, ehkäisevän kunnossapidon hallinta ja toimiva yhteistyö yrityksen sisällä. Koneilta ja laitteilta vaaditaan myös luotettavuutta. (Järviö ym. 2007, 93-96.)

Asset Management jaetaan viiteen vaiheeseen: Ensimmäisessä vaiheessa kunnossapito muutetaan reagoivasta suunnitteluksi. Suunnittelun, raportoinnin ja seurannan avulla pystytään keräämään vikatietoja, joiden avulla voidaan löytää ongelmia aiheuttavat laitteet. Seuraavassa vaiheessa keskitytään ehkäisevään kunnossapitoon ja sen kehittämiseen. Toiminta siirretään ehkäisevään kunnossapitoon, sillä ensimmäisessä vaiheessa löydetyt ongelmalliset laitteet korjataan tai niitä muutetaan siten, että korjaavan kunnossapidon osuus pienenee. Kolmannessa vaiheessa kunnossapito ja käynnissä pito yhdistetään. Neljännessä vaiheessa keskitytään koneiden luotettavuuden parantamiseen ja ongelmakohtien löytämiseen. Tavoitteena on saavuttaa vähintään 95 % koneluotettavuus. Tässä vaiheessa pyritään kouluttamaan henkilöstöä ja poistamaan laitteista rakenteet, jotka ovat epäluotettavia. Viimeisessä vaiheessa kunnossapidon toiminnan avulla optimoidaan tuotantolaitteiden käyttö ottamalla huomioon markkinoiden kysynnän muutokset. (Järvio ym. 2007, 93-95.)

4 TYÖN SUORITUS

Työ aloitettiin tutustumalla teoriaan ja muihin opinnäytetöihin. Kriittisten varaosien ja laitteiden määrittämisestä on saatavilla paljon kirjallisuutta, sekä tästä aiheesta on tehty useita opinnäytetöitä teollisuuden yrityksiin. Kriittisten varaosien ja laitteiden määrittäminen on hyvin olennainen ja tärkeä osa yrityksen kunnossapidon strategiaa. Työn alussa eri tutkimustavoista ja teorioista tehtiin yhteenveto, jossa pohdittiin jokaisen hyviä ja huonoja puolia. Yksi ajatuksista oli, jos eri kunnossapidon menetelmiä olisi yhdistetty, mutta sopivaksi työmenetelmäksi osoittautui PSK 6800 -standardi, sillä sitä on käytetty laajasti teollisuudessa. Työn etenemisestä laadittiin kuvan 12. mukainen prosessikaavio, jonka avulla työtä ryhdyttiin tekemään.



Kuva 12. Työn suoritus.

4.1 Aiheen rajaus

Varsinaisia prosessialueita oli puhdistamolla laaditussa alkuperäisessä kriittisyystarkastelussa yhteensä 17. Työ rajattiin ottamalla mukaan vain ne kriittisimmät prosessialueet ja seuraavat prosessialueet tulivat mukaan tarkasteluun:

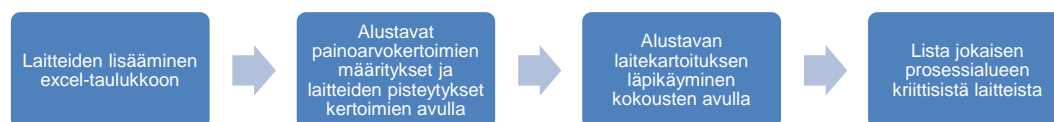
- Tulopumppaamo 1 ja 2, tulopumput
- Hiekkapesurit
- Kalkinsyöttö
- Ilmastusilmakompressorit
- Palautuslietepumput
- Poistopumppaamo
- Mädättämönsyöttöpumput
- Mädättämönkierrätyspumput
- Polymeerinvalmistuslaitteisto
- Lietesiilot

Alkuperäisestä kriittisyystarkastelusta jätettiin laitoksen koon ja suuren laitekanasta takia 7 prosessialuetta pois. Nämä alueet päätettiin rajata pois myös sen takia, että osassa näistä laitekanta on pian uusiutumassa kokonaan, niin näille ei ole enää järkevää laatia varaosia johtuen jäljellä olevien laitteiden lyhyestä elinikästä. Osa prosessialueista on myös ohitettavissa ja näistä ei seuraa merkittävää puutosta prosessissa. Osa prosessialueista on myös kahdennettu ja ne rajattiin tämän takia aiheesta pois.

4.2 Kriittisten laitteiden määrittäminen

Kriittisten laitteiden määrittäminen aloitettiin tutustumalla laitoksessa käytettävään Artturi-kunnossapitojärjestelmään, koska kaikki puhdistamon laitetiedot löytyvät sieltä. Pelkästään kunnossapitojärjestelmän tutkimiseen ja opetteluun meni joi-tain työpäiviä, jonka jälkeen varsinainen laitetietojen syöttäminen PSK 6800 -standardin taulukkopohjaan alkoi (liite 1). Joidenkin prosessialueiden laitekanta

oli työn alussa jo rajattu yrityksen toimesta pelkästään päälaitteisiin, joten joidenkin yksiköiden laitelistassa ei ole ollenkaan oheislaitteita esimerkiksi venttiileitä. Laitetiedot lisättiin PSK 6800 -standardin Excel-taulukkopohjaan ja jokaisesta prosessiyksiköstä luotiin oma osasto ja välilehti Exceliin. Laitteiden lisäämiseen meni paljon aikaa. Osa laitteista oli nimetty eri nimillä järjestelmään ja laitetietoja piti vertailla keskenään, jotta varmistuttaisiin että kartoitukseen tulee juuri oikeat laitteet. Esimerkiksi muutamat pumput olivat merkattu eri prosessialueen laitetietoihin, ja kun Artturi-järjestelmästä lisättiin prosessialueiden perusteella laitteet, niin tämän seurauksena joitain laitteita jäi alussa työn ulkopuolelle. Laitekartoitusta tarkastettiin tästä johtuen useamman kerran, jotta saataisiin oikeat laitteet oikeista yksiköistä mukaan kartoitukseen. Ennen laitteiden painoarvojen ja kertoimien suorittamista pidettiin aloituspalaveri, jossa käsiteltiin ja keskusteltiin laitekartoituksen suorittamisesta yhdessä mekaanisen kunnossapidon työnjohtajan, prosessin esimiehen sekä opinnäytetyön ohjaajan kanssa. Työn suorituksesta sovittiin, että teen alustavat painoarvojen määritykset sekä laitearviot ja näiden pisteytykset oman kokemuksen ja Artturista saatavilla olevien laitetietojen perusteella. Prosessialueiden listan tekemisessä päätettiin ensin pisteyttää prosessin alkupään laitteet, josta siirryttiin osasto kerrallaan prosessin loppua kohti. Kun muutamasta prosessialueesta saatiin laitekartoitukset tehtyä, niin nämä käytiin läpi kokouksissa ja näitä muokattiin sekä luotaisiin lopullinen lista prosessialueiden kriittisistä laitteista. Kuvassa 13 havainnollistetaan, kuinka laitekartoitus eteni.



Kuva 13. Laitekartoituksen eteneminen.

Työn alussa esimerkiksi tulopumppaamo 1:n laitteet pisteytettiin kahden kone-asentajan kanssa. Tämän jälkeen käytiin ensimmäiset keskustelut siitä, miten laitekartoitus on alkanut. Mikäli laitekartoitus olisi tehty kokonaan työntekijöiden ja esimiesten haastattelujen avulla, niin se olisi vienyt opinnäytetyössä suuren ajan minulta sekä laitoksen henkilökunnalta, joten prosessiyksiköiden työntekijöiden haastatteluja ei päätetty suorittaa.

4.3 Varaosakartoitus

Laitekartoituksen jälkeen päätettiin tutkia kriittisten laitteiden laitehistoriaa Artturin vikailmoitusten, työmääräimien ja päiväkirjan avulla. Tämän perusteella saatiin kerättyä vikalistoja ja Artturin tietojen pohjalta useista laitteista löytyi samat toistuvat varaosat, joiden rikkoutuminen aiheutti laitteen vioittumisen. Varaosakartoitus tehtiin kaikille kriittisille laitteille, jotka ylittivät työssä määritetyn kriittisyyden raja-arvon. Jokaisen laitteen laitehistoria sekä laitetiedot käytiin varaosakartoituksessa läpi. Kun laitteesta oli selvillä vikojen aiheuttajat, vikaantumisvälien tiedot sekä varaosat, jotka aiheuttivat toistuvia vikaantumisia, niin näiden pohjalta ryhdyttiin suunnittelemaan laitteiden kriittisiä varaosia. Mikäli vioittunut varaosa oli kallis tai harvoin vaihdettu osa niin nämä tiedot kerättiin myös ylös. Tämän jälkeen lista laitteen vikaantumisen aiheuttavista varaosista käytiin läpi mekaanisen kunnossapidon mestarin kanssa. Keskustelujen myötä todettiin, että tietyille laitteille, esimerkiksi pumpuille kannattaisi laatia huolto-/varaosapaketit, jotka sisältäisivät tietyt perusosat. Tämän myötä tulevissa perushuollossa varastosta löytyisi helposti sovitusta paikasta kaikki huoltoon kuuluvat varaosat. Tällä pyritään laitteiden seisokkiaikojen vähentämiseen ja prosessin luotettavuuden parantamiseen.

Kun usein vikoja aiheuttavat varaosat olivat selvillä ja perushuoltopakettien sisältö oli selvillä ja suunniteltu, niin seuraavassa vaiheessa käytiin varaosatoimittajien kanssa keskustelua puhelimitse ja sähköpostitse varaosapakettien suunnittelusta, sekä varaosien hinnoista ja toimitusajoista. Artturi-järjestelmän laitetie-

tojen perusteella laitteista saatiin kerättyä laitteen valmistajan ja varaosatoimittajan tiedot. Näiden tietojen perusteella ryhdyttiin tavoittelemaan varaosien toimittajia. Joidenkin laitteiden kohdalla niihin merkityt yritykset Artturi-kunnossapitojärjestelmässä olivat menneet konkurssiin, joten vaihtoehtoisei varaosatoimittajia piti lähestyä. Varaosakartoituksessa meni paljon aikaa, koska ensin piti selvittää mahdolliset uudet varaosatoimittajat laitteille. Tämän jälkeen laitteiden tietoja kuten valmistusnumeroita ja kilpitietoja piti käydä tarkistamassa paikan päällä jätevedenpuhdistamolla, jotta saataisiin varmasti oikeat varaosat. Varaosien toimittajien kanssa keskusteltiin huoltopakettien ja varaosien sisällöstä, niiden toimitusajoista sekä hinnoista. Varaosakartoitus suoritettiin laitekartoituksessa kriittisyyden raja-arvon ylittäneille laitteille sekä myös niille laitteille, jotka osoittautuivat kriittisiksi, vaikka PSK 6800 -standardissa ne eivät ylittäneet kriittisyyden raja-arvoa. Varaosakartoituksen tuloksena luotiin uusi lista varaosatoimittajista puhdistamolle.

5 TULOKSET

Työssä kartoitettiin prosessialueiden kriittisimmät laitteet ja niille määritettiin kriittiset varaosat. Laitteita tuli mukaan kriittisyyskartoitukseen yhteensä 294. Näistä laitteista 135 (prosentteina ilmaistuna 45,9 %) todettiin toiminnan kannalta kriittisiksi. Kriittisten laitteiden määrä on suuri, tämä selittynee osaltansa siksi, että opinnäytetyön rajaukseen valittiin laitoksen kriittisimmät prosessialueet. Moni prosessialueiden laitteista on myös kahdennettu ja laitteille on olemassa yksi tai useampikin varalaite, nämä rinnakkaiset ja kahdennetut laitteet kasvattavat kriittisten laitteiden määrää.

Kriittiset varaosat ja huoltopaketit laadittiin laitekartoituksen kriittisille laitteille, sekä myös niille laitteille, jotka todettiin prosessin kannalta tärkeiksi, vaikka ne eivät PSK 6800 -standardin myötä ylittänyt kriittisyysindeksiä. Varaosakartoituksen tuloksena luotiin varaosaluettelo puhdistamolalle Excel-muotoon. Luettelo pitää sisällään 89 nimikettä. Liitteeseen 12 on laitettu esimerkki varaosaluettelosta. Varaosaluettelosta käy selville varaosan tuotekoodi/valmistusnumero, nimike, sen toimitusaika ja varaosan toimittaja. Varaosaluettelon avulla puhdistamo pysyy tulevaisuudessa tarpeen mukaan tilata varaosat valmiiksi. Tämän lisäksi tuloksissa on esitelty varastointisuunnitelmia.

5.1 Tulopumput

Tulopumput koostuvat tulopumppaamo 1:n ja tulopumppaamo 2:n pumpuista. Tulopumppaamo 1 pumpppaa 2/3 laitokselle tulevasta jätevedestä ja tulopumppaamo 2:n ruuvipumppu pumpppaa loput 1/3. Tulopumppujen laitekartoituksen tulokset ovat lisätty liitteisiin (liite 2).

5.1.1 Tulopumppaamo 1

Kriittisiksi laitteiksi tulopumppaamo 1:llä määritettiin liitteen 2 mukaiset laitteet. Tulopumpuille määritettiin kriittisiksi varaosiksi taulukon 2 mukaiset osat.

Taulukko 2. Kriittiset varaosat tulopumpuille.

Tulopumppaamo 1 (tulopumput)
Kriittiset varaosat:
o-renkaat
laakerit
liukurengastiivisteet
juoksupyörä
tiivistetilan kansi
pesän kulutusrenkaat
juoksupyörän kulutusrenkaat

Varaosakartoituksen lisäksi tulopumppuihin suunniteltiin täydellinen perushuoltopaketti. Uusiin pumppuihin löytyy valmistajalta valmis korjaussarja ja vanhoihin pumppuihin luotiin korjaussarja. Perushuoltopakettien hankinnalla varmistetaan se, että huollon käynnistyessä varastosta löytyy valmiina varaosat. Tavoitteena tässä on seisokkiajan lyhentäminen. Toimitusajasta johtuvaa seisokkiaikaa vähennetään myös varastoimalla omaan varastoon kriittiset varaosat ja perushuoltopaketit. Näin saadaan laite nopeammin huollettua. Vanhempien pumppujen huoltopakettiin laadittiin taulukon 3 mukaiset osat:

Taulukko 3. Tulopumppaamo 1, vanhempien pumppujen huoltopaketti

Tulopumppaamo 1 (ABS AF 3500-8.E7.GS601 EX, vanhemmat pumput)		
	Perushuoltopaketti	
Tuotekoodi:	Nimike	toimitusaika
11120319	O-rengas 580X10 NBR	4-5 viikkoa
11010061	laakeri NU 218	4-5 viikkoa
11090063	V-seal VA-011100 NBR	4-5 viikkoa
11120852	O-rengas 750x12, NBR 50	4-5 viikkoa
11120852	O-rengas, 750x12 NBR 50	4-5 viikkoa
11120202	O-rengas 590X5 NBR	4-5 viikkoa
11120321	O-rengas, 215,0*5,0	4-5 viikkoa
11020011	laakeri 7224	4-5 viikkoa
11020042	laakeri 7324	4-5 viikkoa
11100062	Mekaaninen tiiviste MS30/110 EB1PGG	4-5 viikkoa
31160577	Tiivistetilan kansi	4-5 viikkoa
11120206	O-rengas 445X5 NBR70	4-5 viikkoa
11120265	O-rengas 700,0 X 6,0	4-5 viikkoa
11120158	O-rengas, 125X3,5	4-5 viikkoa

11110053	Mekaaninen tiiviste. D 100. MG1s15/100-G28	4-5 viikkoa
35070344	Juoksupyörä D=691mm	16 viikkoa
31050649	Pesä	16 viikkoa
11120126	O-rengas 325X5 NBR	4-5 viikkoa

Uusiin pumppuihin laadittiin myös peruskorjaussarja ja se sisältää taulukon 4 mukaiset nimikkeet.

Taulukko 4. Tulopumppaamo 1, uudempien pumppujen huoltopaketti

Tulopumppaamo 1 (ABS AFP 6004 M3500/8-92-EX), uudemmat pumpput)		
Peruskorjaussarja joka sisältää:		
Tuotekoodi	Nimike:	toimitusaika.
617 01 279	Akseli-tiivisteet	4-5 viikkoa
617 01 279	O-renkaat	4-5 viikkoa
617 01 279	laakerit	4-5 viikkoa

Näiden lisäksi ehdotetaan, että varastossa säilytettäisiin yksi sarja juoksupyörän kulutusrenkaita sekä pesänkulutusrenkaita. Imuputken sulkuventtiileistä ei määritetty kriittisiä varaosia. Tämä johtuu siitä, että mikäli venttiili jumiutuisi, niin niitä ei voida irrottaa hetkessä, koska vettä virtaa koko ajan putkiston läpi. Käytännössä varaosan hankinta olisi pienin huoli, koska venttiilin irrottaminen vaatisi vesimassojen ohjaamista muihin vesialtaisiin ja tämä johtaisi vesialtaiden tyhjentämiseen ja täydentämiseen mikä edellyttäisi laajaa työnsuunnittelua. (5.2 kunnossapitomestari) Toimilaitteen valmistajan kanssa käydyn keskustelun perusteella (AUMA, 1.2.2016) todettiin, että toimilaite koostuu monista pienistä kokonaisuuksista ja näiden varaosien suunnittelu on haastavaa. Vaikka toimilaite olisi rikki, niin sulkuventtiileitä pystytään ajamaan käsin, eli toiminnan kannalta toimilaite ei ole välttämätön. HSY:n automaatioinsinöörin kanssa pohdittiin, että paras ratkaisu toimilaitteen huoltoon on selvittää, kuinka äkkiä laite saadaan korjattua. Toimilaitteen rikkoontuessa huolto tilataan ulkopuolisena työnä ja arvioitu huoltoaika on 1-2 viikkoa.

5.1.2 Tulopumppaamo 2

Tulopumppaamo 2 koostuu yhdestä suuresta ruuvipumpusta. Tarvittaessa pumppaamon vedet voidaan ohjata tulopumppaamo 1:lle. Kriittisiksi laitteiksi määritettiin tulopumppaamo 2:lla ruuvipumppu, ruuvipumpun käyttömoottori ja vaihteisto. Ruuvipumpun laitehistorian perusteella selvitettiin, mitkä varaosat aiheuttivat vikaantumisia. Viat ovat johtuneet kiilahihnojen luistamisesta tai vaihdelaatikon rikkoontumisesta. Kiilahihnojen hankkimista ehdotetaan varalle sekä yhden varavaihteiston pitämistä varastossa, niin kuin tälläkin hetkellä on. Vaihteistojen ja sähkömoottorien huollot ovat ulkoistettu, joten näihin ei laadittu kriittisiä varaosia. Sähkömoottorin osalta ehdotetaan, että varastoon hankittaisiin yksi moottori varalle.

5.2 Hiekkapesurit

Hiekkapesurit käsittelevät hiekanerotusaltaalta tulevan hiekka-vesiseoksen pesuun ja kuivatukseen. Tämän avulla saadaan eroteltua pesty ja kuivattu hiekka omaan säiliöön. Kuvassa 14 on esitetty hiekkapesurin toimintaa. Hiekkapesureista rajattiin laitteiden kriittisyysluokitteluun pelkästään Hiekkapesurit 1 ja 2, sekä näiden toimintaan liittyvät säätöventtiilit. Hiekkapesureiden laitekartoituksen tulokset ovat lisätty liitteisiin (liite 3).

Jätevedenpuhdistamon mekaanisen kunnossapidon työnjohtajan kanssa keskusteltiin ja pohdittiin pitäisikö joitain mainituista varaosista hankkia varastoon. Päädyttiin siihen tulokseen, että omaan varastoon ei kannata hankkia hiekkapesureiden osia, sillä jos ensimmäinen hiekkapesureista menee rikki, niin toisella hiekkapesurilla pystytään ylläpitämään prosessia. Tämän takia varaosat ovat kannattavaa tilata vasta laitteen rikkoontuessa. (5.2.2016 Jyrki Purhonen)

5.3 Kalkin syöttö

Biologisella puhdistusprosessilla on taipumusta alentaa jäteveden pH-arvoa. Kalkinsyötön avulla pH-arvo palautetaan takaisin. (Kinnunen 2013, 9) Kalkin syötössä laitteita ei ole kahdennettu, mikä tekee laitteista erityisen kriittiset. Laitteiden tulokset ovat liitteissä (liite 3). Kriittiset varaosat laadittiin kalkinsyötössä taulukon 6 mukaisille laitteille.

Taulukko 6. Kalkinsyöttö. Kriittiset varaosat

Laitteet, joille suunniteltiin kriittiset varaosat
Pölynpoistosuodattimet
Moniruuviannostin & moniruuviannostimen sähkömoottori
Kalkinsiirtoruuvi & kalkinsiirtoruuvien sähkömoottori
Kalkkimaidon sekoitin & kalkkimaidon sekoittimen sähkömoottori

Pölynpoistosuodattimet ovat toiminnan kannalta tärkeitä varaosia, ilman niitä prosessiympäristö saastuu. Pölynpoistosuodattimia on runsas määrä varastossa ja niitä pystyy saamaan lyhyessä ajassa lisää. Ehdotetaan, että näitä ei hankita varastoon enempää.

Moniruuviannostin ja sen sähkömoottori todettiin laitehistorian perusteella kriittisiksi. Varsinkin sähkömoottori on aiheuttanut laitehistorian perusteella useita viikoja ja se on aiheuttanut moniruuviannostimen pysähtymisiä. Moniruuviannostimelle määritettiin taulukon 7 mukaiset varaosat kriittisiksi. Varaosatoimittajan tietojen perusteella sähkömoottori on saatavilla heti tilauksesta, tiivistet sekä kiristysboltti ovat standardiosia ja niitä saa lyhyellä toimitusajalla. Laite on kriittinen

puhdistusprosessin kannalta ja sitä ei ole kahdennettu. Tämän takia ehdotetaan, että varastoon hankittaisiin yksi jokaista taulukossa 7 olevaa nimikettä.

Taulukko 7. Moniruuviannostimen kriittiset varaosat

Moniruuviannostin	
Nimike:	Toimitusaika
Sähkömoottori	saman työpäivän aikana
Akselin kiristysholkki	1-7 pv
Tiivisteet	1-7 pv

Kalkinsiirtoruuvista ei ole laitehistorian perusteella todettavissa mitään tiettyjä varaosia, mitkä aiheuttaisivat jatkuvia vikoja. Kriittinen laite kalkinsiirtoruuvin toiminnassa on sen sähkömoottori. Sähkömoottori on hajonnut muutamia kertoja ja niitä on huollettu useasti. Varastoitavaksi ehdotetaan 1 sähkömoottorin hankkimista, sillä se on puhdistusprosessin kannalta kriittinen eikä laitetta ole kahdennettu. Sähkömoottori on halpa ja pieni kooltaan sekä se on heti saatavilla tilauksesta.

Taulukko 8. Kalkinsiirtoruuvin kriittiset varaosat

kalkinsiirtoruuvi	
Nimike:	Toimitusaika
Sähkömoottori	heti

Kalkkimaidon sekoittimen kriittisiksi varaosiksi määritettiin kiilahihnat. Laitehistorian perusteella kiilahihnat ovat aiheuttaneet laitteen vikaantumisen ja syynä on ollut hihnojen löystyminen ja katkeaminen. Kiilahihnoja olisi hyvä olla varastossa 2 kpl ja niitä on saatavilla ETRA:sta lyhyellä toimitusajalla. Kalkkimaidon sekoittimen sähkömoottori on toiminut hyvin ja niitä on saatavilla saman työpäivän aikana, joten sitä ei ehdoteta varastoitavaksi.

Taulukko 9. Kalkkimaidon sekoittimen kriittiset varaosat

kalkkimaidon sekoitin	
Nimike:	Toimitusaika
Kiilahihna SPZ 1287	1-7 työpäivää

5.4 Ilmastusilmakompressorit

Ilmastusilmakompressorit ovat osa biologista puhdistusprosessia ja ne tuottavat ilmastusaltaiden pohjassa oleville ilmastimille tarvittavan ilman (Lallukka, 2014, 5). Jokainen kompressorit on prosessin kannalta kriittinen ja kaikki alalaitteet ovat kriittisiä paitsi öljynsuodatin ja imupuolen äänenvaimennin. Kriittisiksi laitteiksi määritettiin liitteen 5 mukaiset laitteet.

Kompressorien varaosatoimittajan kanssa suunniteltiin taulukon 10 mukaiset varaosat kompressoreille. Todettiin, että kompressoreille on tärkeitä hankkia varastoon vaikeasti saatavilla olevat osat, jotka aiheuttavat laitteen vikaantumisia. Roottoria ja ensiöakselia ei kannata varastoida johtuen niiden hinnasta ja koosta. Mikäli kyseiset osat menevät rikki, niin ne tulisi tilata vasta sitten valmistajalta. Laakerisarja ja tiivistesarja ehdotetaan hankittavaksi varastoon. Näiden lisäksi puhdistamon sähköinsinöörin kanssa keskusteltiin, että seuraavien osien hankkiminen olisi järkevää: sähköjakelukatkaisija sekä 1-2 kpl diffusoreita. Diffusori-siipisarja, diffusorin holkit sekä mekaaninen öljypumppu löytyvät varastosta, joten niitä ei suositella tilattavaksi. Näitä tulisi olla aina varastossa yksi kappale.

Taulukko 10. Ilmastusilmakompressorien kriittiset varaosat

Ilmastusilmakompressorien kriittiset varaosat	
Nimike	Toimitusaika
Roottori, täydellinen R400	20 viikkoa
Ensiöakseli, täydellinen R100	20 viikkoa
Laakerisarja	20 viikkoa
Tiivistesarja	20 viikkoa

Mekaaninen öljypumppu	20 viikkoa
Erä diffusorisiipiä	20 viikkoa
Diffusorin holkit	20 viikkoa

5.5 Palautuslietepumput

Palautuslietepumppujen avulla liete pumpataan jälkiselkeytysaltailta takaisin ilmastusaltaseen. Tämän avulla saavutetaan suuri ja mahdollisimman valikoitunut mikrobipopulaatio. (Seinajoenvesi 2016.)

Palautuslietepumput ovat toiminnan kannalta tärkeitä ja niitä löytyy yhdeksän kappaletta. Laitekartoituksen (liite 6.) perusteella mikään laitteista ei ylittänyt kriittisyyden rajaa. Tämä johtuu siitä, että palautuslietepumppuja käsiteltiin laitekartoituksessa kokonaisuutena. Yhden pumpun hajoaminen aiheuttaa häiriötä tuotantolinjaan, mutta kokonaisuuden kannalta se ei aiheuta merkittävää riskiä. Kaikkien pumppujen rikkoutuminen vuorostaan aiheuttaisi suurta haittaa prosessille ja ympäristölle. Todennäköisyys edellä mainitulle tapahtumalle on kuitenkin lähes olematon. Pumpuille suunniteltiin kriittiset varaosat rikkoutumisen varalta, vaikka pumput eivät laitekartoituksessa ylittäneet kriittisyyden raja-arvoa. Tämä parantaa laitteiden käytettävyyttä. Palautuslietepumpuissa useimmat häiriöt ja viat aiheuttivat rasvansyöttölaitteet, rikkoontuneet vaihdelaatikot, sähkömoottorit ja kiilahihnojen katkeamiset. Jos rasvansyöttölaite ei ole syöttänyt rasvaa vaihdelaatikkoon, niin tämä on johtanut todennäköisesti laakerien kulumiseen sekä kiilahihnojen ylimääräiseen rasitukseen ja poikkeamiseen. Rasvansyöttölaitteet ovat muuttumassa mekaanisista laitteista sähköisiin lähitulevaisuudessa, joten näille ei suunnitella kriittisiä varaosia. Palautuslietepumppujen varaosatoimittajiin oltiin yhteydessä ja pumpuista selvitettiin uusien vaihdelaatikkojen hintoja, vaihdelaatikkojen huoltojen hinta sekä perushuoltopakettiin sisältyvien varaosien toimitusaikoja. Työn tuloksena luotiin perushuoltopaketin kaltainen sisältö. Vaihdelaatikoille luvattiin 16 viikon toimitusaikaa. Taulukossa 11 on esitetty perushuoltopaketin kaltainen sisältö.

Taulukko 11. Palautuslietepumput. Perushuoltopakettien sisältö

Perushuoltopakettien sisältö:	Toimitusaika
Laakerit	sovitaan erikseen huoltopäällikön kanssa
Tiivisteet	
Hiekkapuhallus ja maalaus	
hammaspyöräparin vaihto kestävämmäksi	
Kiilahihnat SPB 2240	saman päivän aikana, hyllytavaraa
Kiilahihnapyörät SPB TL/3535	saman päivän aikana, hyllytavaraa

Omasta varastosta löytyy yksi vaihdelaatikko jo rikkoutumisen sattuessa ja jatkossa tulisi pitää myös vaihdelaatikko sekä sähkömoottori varalla.

Kiilahihnoja ja kiilahihnapyöriä menee vaihdon yhteydessä 3kpl, joten ehdotetaan varastoon hankittavaksi 3 kpl kiilahihnoja ja kiilahihnapyöriä varalle.

5.6 Poistopumppaamo

Poistopumppaamon avulla puhdistettu jätevesi johdetaan pois puhdistamolta (Sulzer 2016).

Poistopumppaamon laitekartoituksen tulokset ovat lisätty liitteisiin (liite 7). Poistopumppaamolta kriittisiksi laitteiksi todettiin hätäsulkuuukut ja takaiskuventtiilit. Poistopumppaamo todettiin puhdistamon henkilökunnan kanssa ympäristön kannalta kriittiseksi osaksi prosessia, ei suoranaisesti laitoksen toiminnan kannalta. Poistopumppaamon vikaantuessa tämä pystytään ohittamaan eikä sen vikaantuminen aiheuta vaaraa laitosympäristössä mutta se heikentää laitoksen- ja vedenpuhdistuksen tulosta. Yhden poistopumpun vikaantuminen ei aiheuta haittaa tai kuluja prosessille ja tämän takia pumput eivät ylittäneet kriittisyyden raja-arvoa. Poistopumppuihin ei laadittu kriittisiä varaosia myöskään sen takia, että pumppujen huolto on ulkoistettu Sulzer Pumps Finland Oy:lle. Poistopumppuista selvitettiin Artturin laitehistorian perusteella, jos sieltä löytyisi joitain osia, mitkä aiheuttavat jatkuvia vikoja. Käytännössä muutaman kerran mekaaniset tiivisteet ovat vaihdettu ja muuten viat sekä häiriöt ovat johtuneet taajuusmuuntajista. Kriittisiksi laitteiksi todettiin tulokanavan hätäsulkuuukut sekä niiden magneettiventtiilit. Nämä

aiheuttavat suuren ympäristö- ja turvallisuusriskin rikkoontuessaan. Myös takaiskuventtiilit todettiin kriittisiksi. Magneettiventtiileitä tulisi hankkia 1 varastoon rikkoantumisen varalta. Takaiskuventtiiliin ei löydy varaosia ja niiden rikkoontuessa helpointa on hankkia vain uusi tilalle.

5.7 Mädättämön syöttöpumput

Mädättämöön ohjataan liete syöttöpumppujen avulla. Mädättämönsyöttöpumppuja käsiteltiin kokonaisuutena laitekartoituksessa (liite 8). Syöttöpumppuja on 3 kappaletta ja palaverien yhteenvetona todettiin, että yhden pumpun hajoaminen ei vaikuta prosessiin. Mikäli useampi kuin yksi pumppu hajoaisi, niin se aiheuttaisi suurta haittaa ja paljon ongelmia, millä olisi pitkäaikainen haittavaikutus ympäristöön. Ympäristöhaittavaikutusten lisäksi korjauskustannukset olisivat laajat. Todettiin myös, että mikäli useampi pumppu menee rikki, niin näiden korjaamiseen on aikaa 3 tuntia tai muuten seurauskustannukset kasvavat suureksi. Valmistajan tuottamasta varaosasuosituslistasta sekä varaosaluetteloista määritettiin yhdessä kunnossapitomestarin kanssa kriittisimmät varaosat ja näiden perusteella luotiin perushuoltopaketti NE 120B-pumppua varten. Ne 120B-Perushuoltopaketti sisältää taulukon 12 mukaiset varaosat:

Taulukko 12. NE 120B-pumppujen perushuoltopaketti

Tako	Nimikkeen nimi
156090	STAATTORI (EI SÄÄDETTÄVÄ)
125X5	O-RENGAS 125,0 X 5,0 NBR70
883937	B-ROOTTORI 1.2436
156186	KYTKINTANKO
514151	NILOSRENGAS 6415 AV
580613	LAAKERI 6415
591433	AKSELI TIIVISTE 90 X 140 X 13
983968	RISTITAPPI (883968)
883706	ENSIÖAKSELI
420199582	CHESTERTON S10 90MM CB/SSC AFLAS MEK. TIIV. VAIHTOKASETTI

5.8 Polymeerinvalmistuslaitteisto

Lingottavaan lietteeseen lisätään polymeeri, joka saa veden erottumaan lietteestä. Polymeerinvalmistuslaitteistossa keskityttiin päälaitteisiin ja kriittisyyskartoitukseen (liite 9) otettiin vain tärkeimmäksi koetut laitteet, koska työn puitteissa ei yksinkertaisuudessaan aika riittänyt koko laitteiston kartoitukseen. Mikään polymeerinvalmistuslaitteistosta ei ylittänyt kriittisyyden raja-arvoa, mutta taulukon 13 laitteisiin suunniteltiin kriittiset varaosat:

Taulukko 13. Polymeerinvalmistuslaitteisto.

Polymeerinvalmistuslaitteisto
Laitteet, joille suunniteltiin kriittiset varaosat
SAC213-SAC214/Polyelektrolyytin siirtopumppu
SAC213-SAC214/Puhallin
SAC213-SAC214/Liuotussäiliön potkurisekoitin
SAC213-SAC214/Annosteluruuvien vaihdemoottori
SAC213-SAC214/Tärymoottori

Polyelektrolyytin siirtopumppuihin (NE 60B) suunniteltiin huoltopaketti, joka laadittiin valmistajan varaosasuosituksen sekä laitehistorian perusteella. Ehdotetaan, että 1 huoltopaketti hankitaan varastoon. Huoltopaketti sisältää taulukon 14 mukaiset osat.

Taulukko 14. NE 60B-huoltopaketti

1.1581-1.1582 siirtopumput (NE-60B)	
Tako	Nimike
3005	Staattori
8005	O-rengas
8015	O-rengas
1998	Kytkintanko
8060	O-rengas
5065	Lukkorengas
1999	Roottori
5425	Kiristysrengas
882896	Muhvitiiviste

Puhaltimien huolto-ohjeissa on mainittu, että laakerit ovat kertavoideltuja ja käyttöikä-arvio valmistajalta on näille 40 000 h. Siivistön ja pesän osalta ei ole tarvetta huollolle. Puhaltimille ei laadittu kriittisiä varaosia eikä selvitetty toimitusaikoja. Potkurisekoittimelle todettiin kriittiseksi varaosiksi sekoitin sekä kiilahihnat (1250 SPZ). Ehdotetaan, että varastossa tulisi myös jatkossakin pitää 1 sekoitin rikkoutumisen varalta. Hihnoja tulisi myös olla vähintään 1 kpl 1250 SPZ-nimikettä.

Annosteluruuvien vaihdemoottoreita löytyy polymeerinvalmistuslaitteistosta 4 kappaletta, 2 per polymeeriallas. Vaihdemoottorista ei erikseen laadittu kriittisiä varaosia vaan siitä selvitettiin moottorin toimitusaika ja hinta valmistajalta. Kyseisille vaihdemoottoreille luvattiin nopeimmillaan päivän toimitusaikaa, joten niitä ei kannata varastoida koska laitteet ovat kahdennettuja per allas ja laitteen rikkoutuessa uuden moottorin saa nopeasti. Normaali toimitusaika on n. 2 viikkoa, lisämaksusta moottoreiden toimitusaika on jopa viikossa tai vuorokaudessa. Tärymoottorit ovat tavarantoimittajan mukaan hyllytavaraa eli saatavilla heti, joten niitä ei kannata varastoida.

5.9 Mädättämön kierrätyspumput

Mädättämön kierrätyspumput todettiin kaikki kriittisiksi laitteiden kriittisyyskartoituksessa (liite 10). Pumppuja löytyy 8, joista 4 on FLYGT-nimisen yrityksen valmistamia ja toiset neljä ovat mallia NE-200B. Kierrätyspumppuja käsiteltiin kokonaisuutena ja todettiin että prosessin kannalta tämä osa-alue on kriittinen. Haastavaa oli pohtia mitä tapahtuu, jos laite vikaantuu, sillä jos esimerkiksi yhden pumppun saa äkkiä varastosta asennettua vioittuneen laitteen tilalle, niin korjausseuraukset ovat hyvin pienet. Mikäli varapumppua ei löydy ja mädättämön kierrätyspumput eivät toimi, niin korjauskustannukset kasvavat hyvin suuriksi. Tuloksena ehdotetaan että 2 pumppua hankitaan omaan varastoon, näiden säilytyksen kustannukset suhteessa mahdolliseen riskiin sekä niistä koituviin korjauskustannuksiin ovat pienet. Varapumppujen avulla voidaan varmistaa prosessin käytettävyys sekä turvataan se, että korjauskustannukset pysyvät pieninä.

FLYGT-uppopumppujen varaosatoimittajaan oltiin yhteydessä ja tuloksena saatiin kehitettyä taulukon 15 mukainen perushuoltopaketti, mikä sisältää o-renkaat, akselitiivisteet ja laakerit. Tämän lisäksi selvitettiin juoksupyörän toimitusaika. Tuotteet ovat hyllytavaraa valmistajalla, mutta nämä varastoidaan ulkomailla ja toimitusaika on 3-7 päivää. Ehdotetaan, että varastoon hankittaisiin 1 täydellinen korjaussarja.

Taulukko 15. FLYGT-pumppujen varaosat

FLYGT-uppopumput		
Tuotekoodi:	Nimike	toimitusaika
6571708	O-renkaat	3-7 päivää
6571708	akselitiivisteet	3-7 päivää
6571708	laakerit	3-7 päivää
6571708	kulutusrengas	3-7 päivää
6964920	juoksupyörä	3-7 päivää

Samoin kuin FLYGT-pumput, myös NE200-pumput ovat prosessin kannalta kriittisiä. NE200-pumpuista määritettiin kriittiset varaosat ja näistä selvitettiin toimitusajat. Varaosatoimittaja antoi 17 viikon toimitusajan varaosille. Näin pitkän toimitusajan seurauksesta ehdotetaan, että varastoon hankitaan vähintään yksi paketti, joka sisältää taulukon 16 mukaiset osat:

Taulukko 16. NE 200B-pumpun peruskorjaussarja

NE-200B	
Nimike	toimitusaika
roottori	17 viikkoa
staattori	
nivelen korjaussarja 2 kpl	
nivelakseli	
käyttöakseli	
laakeroinnin korjaussarja	
liukurengas-/nauhatiiviste	

5.10 Lietesiilot

Lietesiilojen avulla varastoidaan liete. Lietesiilot ovat kriittinen osa puhdistamon toimintaa. Lietesiiloaluetta käsiteltiin kokonaisuutena laitekartoituksessa (liite 11), minkä takia tuloksissa mikään ei kohoa yli kriittisyyden raja-arvon. Lietesiiloihin ei laadittu kriittisiä varaosia, sillä laitteiden vikaantuessa työmäärät kasvavat niin suuriksi, että varaosien toimitusajoilla ei ole suurta merkitystä. Tämä johtuu yksinkertaisesti siitä, että jos esimerkiksi ruuvikuljetin, tai levyluistiventtiili rikkoontuu, niin työtä pitää suunnitella paljon. Työ vaatii esimerkiksi nostureita sekä useita henkilöitä ja työnjohtoa. Lietesiilojen kohdalle tulisi tehdä oma, laajempi laite- ja varaosakartoitus. (11.2 mekaanisen kunnossapidon työnjohtajan haastattelu)

6 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Viikinmäen jätevedenpuhdistamon kriittiset laitteet, sekä laatia niille kriittiset varaosat ja pohtia varastointisuunnitelmaa. Työ tehtiin, jotta pystyttäisiin selvittämään laitteet, joiden vikaantuminen aiheuttaisi merkittävän riskin puhdistusprosessille, puhdistustulokselle, turvallisuudelle, ympäristölle tai aiheuttaisi muuta merkittävää haittaa vikaantuessaan.

Opinnäytetyössä tehtiin Kriittisyyskartoitus PSK 6800 -standardin avulla, ja sen pohjalta saatiin määritettyä kriittiset laitteet. Näiden tietojen perusteella pystyttiin suorittamaan varaosakartoitus kyseisille laitteille. PSK 6800 -standardi osoittautui hyväksi menetelmäksi laitekartoituksessa. PSK 6800 -standardia olisi pitänyt kuitenkin muokata ja soveltaa enemmän. Esimerkiksi taloudellisten tappioiden kuvaamiseen standardin menetelmä ei anna tarkkoja kuvauksia. Standardia käytäessä myös kahdennettujen laitteiden painoarvokertoimien määrittäminen osoittautui haastavaksi.

Varaosakartoitus onnistui hyvin. Varaosakartoituksen apuna käytettiin Artturi-kunnossapitojärjestelmän laitetietoja, laitehistoriaa, vikaantumistietoja ja päiväkirjaa. Kartoituksen teossa huomioitiin jokaisen laitteen vikaantumisen aiheuttama riski turvallisuuden, ympäristön ja prosessin taloudellisuuden kannalta. Kriittiset varaosat ja huoltopaketit luotiin onnistuneesti niille laitteille, joille sitä pidettiin tarpeellisena. Työn tuloksena luotiin puhdistamolle varaosaluettelo, jota voidaan tulevaisuudessa käyttää varaosien hankinnassa. Etenkin kunnossapidon varaosien suhteen vain kriittisimmät varaosat tulisi varastoida. Varastointikustannuksia tulisi verrata tuotannon keskeytyksistä aiheutuviin kustannuksiin. Mikäli tuotannon keskeytyksen aiheuttamat kustannukset eivät ole hyväksyttäviä, niin silloin näiden laitteiden varaosien varastointia tulisi pohtia. Tärkeimmät tekijät varaosien hallinnan suhteen ovat osien kriittisyys, niiden toimitusaika, vikaantumisväli ja varalaitemahdollisuus. Jos esimerkiksi varastoitavan osan koko on suuri ja sen toimitusaika on lyhyt, niin silloin kyseisen varaosan varastointia tulisi pohtia. Helposti saatavilla olevat osat saattavat aiheuttaa vain ylimääräisiä kustannuksia,

joissa yritys voisi säästää. Varaosaluettelo pystytään myös kehittämään ja täydentämään, mikäli esimerkiksi sähkö- ja automaatiokunnossapidon osalta tehdään varaosakartoitukset.

Työn tuloksia pystytään käyttämään laitoksen toiminnan kehittämisessä. Seuraavassa vaiheessa tulisi pohtia kriittisten varaosien hankintaa ja niiden varastointia. Kriittisten varaosien hankinnalla vähennetään laitteiden odotusaikaa. Laitteiden seisokkiaikoja pystytään myös vähentämään, mikäli varaosat löytyvät omasta varastosta tai ne ovat muuten nopeasti saatavilla. Laitekartoituksen tuloksia voidaan käyttää myös esimerkiksi ennakkohuoltojen suunnittelussa. Kriittiset laitteet ovat prosessin kannalta tärkeimpiä ja näiden laitteiden huoltosuunnitteluun tulisi panostaa. Laitoksen kehittämisen kannalta olisi hyvä, jos vastaavat opinnäytetyöt laadittaisiin automaatio- ja sähkökunnossapidon kannalta. Artturi-kunnossapitojärjestelmää käyttäessä huomasi, että usean mekaanisen laitteen alasajon aiheutti esimerkiksi anturien ja taajuusmuuttajien rikkoutuminen. Artturin laitehistoriasta selvisi myös, että suuren osan laitteiden alasajoista ovat aiheuttaneet putkistojen ja venttiilien tukkeumat.

Työssä opittiin jätevedenpuhdistamon prosessista yksityiskohtaisemmin, ja opinnäytetyön myötä saatiin kokemusta varaosien hankinnasta ja suunnittelusta. Työssä oppi myös pitkäkestoisen projektin projektinhallinnasta, aikataulutuksesta, raportoinnista ja yhteydenpidosta eri ihmisten välillä. Tämä työ opetti myös hahmottamaan suuria kokonaisuuksia ja työn jakamista pieniin osiin ja eri vaiheisiin.

LÄHTEET

Alastalo, R.; Bärting, M.; Hirvonen, M.; Hyppönen, H.; Issakainen, O.; Packalén, E.; Saarinen, L.; Väyrynen, P.; Maaranen, K.; Malkanmäki, H.; Asp, R.; Tuominen, T.; Hyppönen, H. & Ojansivu, L. Varaosat ja varastot. Kunnossapito menestystekijä. Opetushallitus 2016. Viitattu 29.1.2016

http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-5_varaosat_ja_varastot.html

Heinonkoski, R. 2014. Ennakkohuolto ja ehkäisevä kunnossapito. Opetushallitus 2014. Viitattu 5.1.2016

<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/koneautomaatio/ennakkohuolto.html>

HSY 2014. Jätevedenpuhdistus pääkaupunkiseudulla 2014. Jätevedenpuhdistus pääkaupunkiseudulla 2014

HSY:n kotisivut 2016a. Viitattu 20.2.2016

<https://www.hsy.fi/fi/tietoa-hsy/Sivut/default.aspx>

HSY:n kotisivut 2016. Viitattu 28.1.2016

<https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/vesihuolto/jatevedenpuhdistus/Viikinmaki/Sivut/default.aspx>

Järvio J.; Lehtiö T. 2012. Kunnossapito. Helsinki: KP-media Oy

Järvio, J.; Piispa, T & Åström, T. 2007. Kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy.

Kinnunen, J. Jätevedenpuhdistus rinnakkaissaostuslaitoksella. Opinnäytetyö. Oulun Seudun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Viitattu 31.3.2016
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/54159/Kinnunen_Jari.pdf?sequence=1

Lallukka, S. Jätevedenpuhdistamon energianseurantajärjestelmä. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Viitattu 31.3.2016
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/86338/Jatevede.pdf?sequence=1>

Logistiikan maailma 2016. Viitattu 29.1.2016

<http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Varastointikustannukset>

Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Käsikirja. Helsinki. KP-Media Oy

PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. PSK Standardisointiyhdistys ry.

Relex, varaosien hallinta. 2008. Viitattu 2.2.2016

<https://9783-presscdn-0-88-pagely.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2014/09/relex-varaosien-hallinta-WP1.pdf>

Seinäjoen	veden	kotisivut	2016.	Viitattu	31.3.2016
http://www.seinajoenvesi.fi/Puhdistusprosessi					

Sulzer:n kotisivut 2016. Viitattu 31.3.2016

<https://www.sulzer.com/fi/Industries/Water/Municipal-Wastewater/Wastewater-Treatment/Outlet-Pumping-Stations>

Laitekartoituksen pohjatiedosto (PSK 6800 -standardi)

[illegible]

PSK Standardisointi

Laifos
Kritiiajyysluokituatun kotohe
Teiajaj Kiiimo Saviuoto
Verio 0.1
Piiavie 16.12.2015

LAITTEIDEN KRIITISYSLUOKITTELU TEOLLISUUDESSA
Criticality Classification of Equipment in Industry
2008-06-05

Kriittisyyden raja-arvo	400
Tuotannon meneyksen palloarvokierroin Wp	1000

Toimintopaikan tunnus	Toimintopaikan nimiyle	Väestö- tunnus (1...8)	Pääsuorat W → E	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö 0...16	Tuotannon määrä (0...4)	Logis- tiikkaan laatu- tunnus (0...4)	Korjaus- kustannus (0...4)	Kohti- työt- määrä	Keräilyiden osamäärät						
										Ks	Ks	Kp	Kq	Kr		
L	1.1101	TULOOPUMPU 1	4	0	16	3	3	4	3160	0	1280	1200	360	320		
L	1.1102	TULOOPUMPU 2	4	0	16	3	3	4	3160	0	1280	1200	360	320		
L	1.1103	TULOOPUMPU 3	4	0	16	3	3	4	3160	0	1280	1200	360	320		
L	1.1104	TULOOPUMPU 4	4	0	16	3	3	4	3160	0	1280	1200	360	320		
L	1.1105	TULOOPUMPU 5	4	0	16	3	3	4	3160	0	1280	1200	360	320		
L	1.1106	TULOOPUMPU 6	4	0	16	3	3	4	3160	0	1280	1200	360	320		
L	1.1107	TULOOPUMPU 7	4	0	16	3	3	4	3160	0	1280	1200	360	320		
L	1.1108	TULOOPUMPU 8	4	0	16	3	3	4	3160	0	1280	1200	360	320		
L	1.1101.M1	TULOOPUMPU 1 /SAHKOMOOTTORI	2	0	16	3	3	4	1590	0	640	600	180	160		
L	1.1102.M1	TULOOPUMPU 2 /SAHKOMOOTTORI	2	0	16	3	3	4	1590	0	640	600	180	160		
L	1.1103.M1	TULOOPUMPU 3 /SAHKOMOOTTORI	2	0	16	3	3	4	1590	0	640	600	180	160		
L	1.1104.M1	TULOOPUMPU 4 /SAHKOMOOTTORI	2	0	16	3	3	4	1590	0	640	600	180	160		
L	1.1105.M1	TULOOPUMPU 5 /SAHKOMOOTTORI	2	0	16	3	3	4	1590	0	640	600	180	160		
L	1.1106.M1	TULOOPUMPU 6 /SAHKOMOOTTORI	2	0	16	3	3	4	1590	0	640	600	180	160		
L	1.1107.M1	TULOOPUMPU 7 /SAHKOMOOTTORI	2	0	16	3	3	4	1590	0	640	600	180	160		
L	1.1108.M1	TULOOPUMPU 8 /SAHKOMOOTTORI	2	0	16	3	3	4	1590	0	640	600	180	160		
L	3.1101.M1	MUPUTKEN SULKUVENTTIILI 1	1	16	16	4	4	4	1400	490	320	400	120	80		
L	3.1102.M1	MUPUTKEN SULKUVENTTIILI 2	1	16	16	4	4	4	1400	490	320	400	120	80		
L	3.1103.M1	MUPUTKEN SULKUVENTTIILI 3	1	16	16	4	4	4	1400	490	320	400	120	80		
L	3.1104.M1	MUPUTKEN SULKUVENTTIILI 4	1	16	16	4	4	4	1400	490	320	400	120	80		
L	3.1105.M1	MUPUTKEN SULKUVENTTIILI 5	1	16	16	4	4	4	1400	490	320	400	120	80		
L	3.1106.M1	MUPUTKEN SULKUVENTTIILI 6	1	16	16	4	4	4	1400	490	320	400	120	80		
L	3.1107.M1	MUPUTKEN SULKUVENTTIILI 7	1	16	16	4	4	4	1400	490	320	400	120	80		
L	3.1108.M1	MUPUTKEN SULKUVENTTIILI 8	1	16	16	4	4	4	1400	490	320	400	120	80		
L	3.1109.M1	MUPUTKEN SULKUVENTTIILI 9	1	16	16	4	4	4	1400	490	320	400	120	80		
L	3.1110.M1	MUPUTKEN SULKUVENTTIILI 10	1	16	16	4	4	4	1400	490	320	400	120	80		
L	3.1111.M1	MUPUTKEN SULKUVENTTIILI 11	1	16	16	4	4	4	1400	490	320	400	120	80		
L	3.1111.V1	RUVIOPUMPUN VAHTEISTO (telepumppaamo 2)	2	0	16	1	2	4	1120	0	640	200	120	160		
L	1.1111.V1	RUVIOPUMPUN VAHTEISTO (telepumppaamo 2)	1	0	16	1	2	4	560	0	320	100	60	80		
L	1.1111.M1	VIEMÄVESIPUMPU 1	1	0	16	1	2	4	20	0	0	0	0	20		
L	1.1705.M1	VIEMÄVESIPUMPU 1 /SAHKOMOOTTORI	1	0	0	0	0	1	20	0	0	0	0	20		
L	1.1706.M1	VIEMÄVESIPUMPU 2	1	0	0	0	0	1	20	0	0	0	0	20		
L	1.1706.M1	VIEMÄVESIPUMPU 2 /SAHKOMOOTTORI	1	0	0	0	0	1	20	0	0	0	0	20		
L	1.1111.V2	RUVIOPUMPUN VAHTEISTO (VARA VAHTEISTO) (telepumppaamo 2)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
L	1.1707.M1	TULVAPUMPU /SAHKOMOOTTORI	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
L	3.2001	TAKAISUVENTTILIPUTKI 2.2601	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
L	3.2002	KUMILUUSTVENTTILIPUTKI 2.2601	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
L	3.2003	TAKAISUVENTTILIPUTKI 2.2602	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
L	3.2004	KUMILUUSTVENTTILIPUTKI 2.2602	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
L	3.2005	PALLOTAKAISUVENTTILIPUTKI 2.2603	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
L	3.2006	KUMILUUSTVENTTILIPUTKI 2.2603	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Hiekkapesurien laitekartoitus

Kritiisyyden raja-arvo										400
Tuotannon menetyksen palloarvokieron Wp										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tiedonantimenetys										100
Tiedonantimenetys										400
Tied										

TURUN AMK:N OPINNÄYTETYÖ | Kimmo Saviluoto

[illegible]

TURUN AMK:N OPINNÄYTETYÖ | Kimmo Saviluoto

[illegible]

Palautuslietepumput, laitekartoitus

Laite
Kritisyysluokituksen koodi
Tekijä Kimmo Saviluoto
Versio 0.1
Päiväys 16.12.2015

Vikimenen jätevesipuhdistamo
Palautuslietepumput

Kritisyyden raja-arvo 400
Tuloksen merkityksen painoarvoaeron Wp 100

Toimintopaikan tunnistus	Toimintopaikan nimi/tyyppi	Palautusarvot						Kritisyyden osaindeksit					
		Vikien- tunneksi (1-5)	Turvallisuus (0-15)	Ympäristö 0-15	Tuotannon menetys (1-5)	Loppu- tuotteen kustannus (0-4)	Korjaus- kustannus (1-5)	Kriti- syys- indeksi	Ks	Ks	Kp	Kq	Kr
L	1.1601 RUUVIPUMPU	4	0	2	0	1	1	360	0	150	0	120	80
L	1.1601.M1 RUUVIPUMPUN KÄYTTÖMOOTTORI	4	0	2	0	1	1	360	0	150	0	120	80
L	1.1602 RUUVIPUMPU	4	0	2	0	1	1	360	0	150	0	120	80
L	1.1602.M1 RUUVIPUMPUN KÄYTTÖMOOTTORI	4	0	2	0	1	1	360	0	150	0	120	80
L	1.1603 RUUVIPUMPU	4	0	2	0	1	1	360	0	150	0	120	80
L	1.1603.M1 RUUVIPUMPUN KÄYTTÖMOOTTORI	4	0	2	0	1	1	360	0	150	0	120	80
L	1.1604 RUUVIPUMPU	4	0	2	0	1	1	360	0	150	0	120	80
L	1.1604.M1 RUUVIPUMPUN KÄYTTÖMOOTTORI	4	0	2	0	1	1	360	0	150	0	120	80
L	1.1605 RUUVIPUMPU	4	0	2	0	1	1	360	0	150	0	120	80
L	1.1605.M1 RUUVIPUMPUN KÄYTTÖMOOTTORI	4	0	2	0	1	1	360	0	150	0	120	80
L	1.1606 RUUVIPUMPU	4	0	2	0	1	1	360	0	150	0	120	80
L	1.1606.M1 RUUVIPUMPUN KÄYTTÖMOOTTORI	4	0	2	0	1	1	360	0	150	0	120	80
L	1.1607 RUUVIPUMPU	4	0	2	0	1	1	360	0	150	0	120	80
L	1.1607.M1 RUUVIPUMPUN KÄYTTÖMOOTTORI	4	0	2	0	1	1	360	0	150	0	120	80
L	1.1601.V1 RUUVIPUMPUN VAHTEISTO	2	0	2	0	1	1	180	0	80	0	60	40
L	1.1602.V1 RUUVIPUMPUN VAHTEISTO	2	0	2	0	1	1	180	0	80	0	60	40
L	1.1603.V1 RUUVIPUMPUN VAHTEISTO	2	0	2	0	1	1	180	0	80	0	60	40
L	1.1604.V1 RUUVIPUMPUN VAHTEISTO	2	0	2	0	1	1	180	0	80	0	60	40
L	1.1605.V1 RUUVIPUMPUN VAHTEISTO	2	0	2	0	1	1	180	0	80	0	60	40
L	1.1606.V1 RUUVIPUMPUN VAHTEISTO	2	0	2	0	1	1	180	0	80	0	60	40
L	1.1607.V1 RUUVIPUMPUN VAHTEISTO	2	0	2	0	1	1	180	0	80	0	60	40
L	1.1608.V1 RUUVIPUMPUN VAHTEISTO	1	0	2	0	1	1	90	0	40	0	30	20
L	1.1608 PALAUTUSLIETEPUMPU	1	0	0	0	1	1	50	0	0	0	30	20
L	1.1608.M1 PALAUTUSLIETEPUMPUN KÄYTTÖMOOTTORI	1	0	0	0	1	1	50	0	0	0	30	20
L	1.1609 PALAUTUSLIETEPUMPU	1	0	0	0	1	1	50	0	0	0	30	20
L	1.1609.M1 PALAUTUSLIETEPUMPUN KÄYTTÖMOOTTORI	1	0	0	0	1	1	50	0	0	0	30	20

Poistopumppujen laitekartoitus (liite 7)

[illegible]

Mädättämön syöttöpumput (liite 8)

Laitos
Kriittisyysluokituksen kohde
Tekijät Kimmo Saviluoto
Versio 0.1
Päiväys 16.12.2015

Virkkumäen jätevedenpuhdistamo
Mädättämön syöttöpumput (M803)

Kriittisyyden raja-arvo 400
Tuotannon menetyksen pamausvokeron Wp 100

Toimintopaikan tunnistus	Toimintopaikan nimitys	Vikaan- tunnusväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö 0...16	Tuotannon menetys (0...4)	Loppu- tuotteen laatuksen tunnus (0...4)	Korjaus- kustannus (0...4)	Kriittisyyden syy- indeksi	Kriittisyyden osaindeksit				
		Painoarvot W ->	30	20	100	30	20	K	Ks	Ke	Kp	Kq	Kr
L	1.1291 MÄDÄTTÄMÖN SYÖTTÖPUMPPU 1	1	0	2	0	0	2	80	0	40	0	0	40
L	1.1291.K1 MÄDÄTTÄMÖN SYÖTTÖPUMPPU 1 KYTKIN (PUMPPU/VAIHT.)	1	0	2	0	0	2	80	0	40	0	0	40
L	1.1291.K2 MÄDÄTTÄMÖN SYÖTTÖPUMPPU 1 KYTKIN (SÄHKÖM/VAIHT.)	1	0	2	0	0	2	80	0	40	0	0	40
L	1.1291.M1 MÄDÄTTÄMÖN SYÖTTÖPUMPPU 1 SÄHKÖMOOTTORI	1	0	2	0	0	2	80	0	40	0	0	40
L	1.1291.V1 MÄDÄTTÄMÖN SYÖTTÖPUMPPU 1 VAIHTESTO	1	0	2	0	0	2	80	0	40	0	0	40
L	1.1292 MÄDÄTTÄMÖN SYÖTTÖPUMPPU 2	1	0	2	0	0	2	80	0	40	0	0	40
L	1.1292.K1 MÄDÄTTÄMÖN SYÖTTÖPUMPPU 2 KYTKIN (PUMPPU/VAIHT.)	1	0	2	0	0	2	80	0	40	0	0	40
L	1.1292.K2 MÄDÄTTÄMÖN SYÖTTÖPUMPPU 2 KYTKIN (SÄHKÖM/VAIHT.)	1	0	2	0	0	2	80	0	40	0	0	40
L	1.1292.M1 MÄDÄTTÄMÖN SYÖTTÖPUMPPU 2 SÄHKÖMOOTTORI	1	0	2	0	0	2	80	0	40	0	0	40
L	1.1292.V1 MÄDÄTTÄMÖN SYÖTTÖPUMPPU 2 VAIHTESTO	1	0	2	0	0	2	80	0	40	0	0	40
L	1.1293 MÄDÄTTÄMÖN SYÖTTÖPUMPPU 3	1	0	2	0	0	2	80	0	40	0	0	40
L	1.1293.K1 MÄDÄTTÄMÖN SYÖTTÖPUMPPU 3 KYTKIN (PUMPPU/VAIHT.)	1	0	2	0	0	2	80	0	40	0	0	40
L	1.1293.K2 MÄDÄTTÄMÖN SYÖTTÖPUMPPU 3 KYTKIN (SÄHKÖM/VAIHT.)	1	0	2	0	0	2	80	0	40	0	0	40
L	1.1293.M1 MÄDÄTTÄMÖN SYÖTTÖPUMPPU 3 SÄHKÖMOOTTORI	1	0	2	0	0	2	80	0	40	0	0	40
L	1.1293.V1 MÄDÄTTÄMÖN SYÖTTÖPUMPPU 3 VAIHTESTO	1	0	2	0	0	2	80	0	40	0	0	40

Polymeerinvalmistuslaitteiston laitekartoitus (liite 9)

[illegible]

Mädättämönkierrätyspumppujen laitekartoitus (liite 10)

Laitos Vikinan jätevedenpuhdistamo Kriittisyysluokittelun kohde Mädättämönkierrätyspumput (MT1, MT2) Tekijät Kimmo Saviluoto Versio 0.1 Päiväys 16.12.2015										Kriittisyyden raja-arvo 400 Tutaston menetyksen painoarvo Wp 100									
Toimintopaikan tunnistus	Toimintopaikan nimi	Vikaan- tunnistamis- väli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö 0...16	Tutaston menetyksen (0...4)	Loppu- tuotteen laatu- tunnus (0...4)	Korjaus- kustannus (0...4)	Kriittisyyden indeksi	Kriittisyyden osaindeksit										
									Ks	Ke	Kp	Kq	Kr						
L	1.1402 MADATT.LIETT, KIERR.PUMPPU 1 M1-M2	8	2	2	3	2	1	3840	480	320	2400	480	160						
L	1.1406 MADATT.LIETT, KIERR.PUMPPU 8 M3-M4	8	2	2	3	2	1	3840	480	320	2400	480	160						
L	1.1405 MADATT.LIETT, KIERR.PUMPPU 7 M1-M2	4	2	2	3	2	1	1920	240	160	1200	240	80						
L	1.1407 MADATT.LIETT, KIERR.PUMPPU 4 M3-M4	4	2	2	3	2	1	1920	240	160	1200	240	80						
L	1.1408 MADATT.LIETT, KIERR.PUMPPU 5 M3-M4	2	2	2	3	2	1	960	120	80	600	120	40						
L	1.1402.M1MADATT.L, KIERR.PUMPPU 1 M1-M2 SÄHKÖMOOTTORI	1	2	2	3	2	1	480	60	40	300	60	20						
L	1.1402.V1 MADATT.L, KIERR.PUMPPU 1 M1-M2 VAHTEISTO	1	2	2	3	2	1	480	60	40	300	60	20						
L	1.1403 MADATT.LIETT, KIERR.PUMPPU 2 M1-M2	1	2	2	3	2	1	480	60	40	300	60	20						
L	1.1403.M1MADATT.L, KIERR.PUMPPU 2 M1-M2 SÄHKÖMOOTTORI	1	2	2	3	2	1	480	60	40	300	60	20						
L	1.1403.V1 MADATT.L, KIERR.PUMPPU 2 M1-M2 VAHTEISTO	1	2	2	3	2	1	480	60	40	300	60	20						
L	1.1404 MADATT.LIETT, KIERR.PUMPPU 3 M1-M2	1	2	2	3	2	1	480	60	40	300	60	20						
L	1.1404.M1MADATT.L, KIERR.PUMPPU 3 M1-M2 SÄHKÖMOOTTORI	1	2	2	3	2	1	480	60	40	300	60	20						
L	1.1404.V1 MADATT.L, KIERR.PUMPPU 3 M1-M2 VAHTEISTO	1	2	2	3	2	1	480	60	40	300	60	20						
L	1.1407.M1MADATT.L, KIERR.PUMPPU 4 M3-M4 SÄHKÖMOOTTORI	1	2	2	3	2	1	480	60	40	300	60	20						
L	1.1407.V1 MADATT.L, KIERR.PUMPPU 4 M3-M4 VAHTEISTO	1	2	2	3	2	1	480	60	40	300	60	20						
L	1.1408.M1MADATT.L, KIERR.PUMPPU 5 M3-M4 SÄHKÖMOOTTORI	1	2	2	3	2	1	480	60	40	300	60	20						
L	1.1408.V1 MADATT.L, KIERR.PUMPPU 5 M3-M4 VAHTEISTO	1	2	2	3	2	1	480	60	40	300	60	20						
L	1.1409.M1MADATT.L, KIERR.PUMPPU 6 M3-M4 SÄHKÖMOOTTORI	1	2	2	3	2	1	480	60	40	300	60	20						
L	1.1409.V1 MADATT.L, KIERR.PUMPPU 6 M3-M4 VAHTEISTO	1	2	2	3	2	1	480	60	40	300	60	20						
L	1.1409.M1MADATT.L, KIERR.PUMPPU 6 M3-M4 SÄHKÖMOOTTORI	1	2	2	3	2	1	480	60	40	300	60	20						
L	1.1409.V1 MADATT.L, KIERR.PUMPPU 6 M3-M4 VAHTEISTO	1	2	2	3	2	1	480	60	40	300	60	20						

Lietesiilojen laitekartoitus (liite 11)

[illegible]

Varaosaluettelo

VARAOSALUETTELO				
Prosessialue:		1. Tulopumppaamo 1 ja 2		
Vanhemmat tulopumput (ABS AF 3500-8.E7.GS601 EX)				
tuotekoodi	Nimike	Toimitusaika	Varaosan toimittaja	
11120319	O-rengas 580X10 NBR	4-5 viikkoa	Sulzer pumps Finland Oy	
11010061	laakeri NU 218	4-5 viikkoa		
11090063	V-seal VA-011100 NBR	4-5 viikkoa		
11120852	O-rengas 750x12, NBR 50	4-5 viikkoa		
11120852	O-rengas, 750x12 NBR 50	4-5 viikkoa		
11120202	O-rengas 590X5 NBR	4-5 viikkoa		
11120321	O-rengas, 215,0*5,0	4-5 viikkoa		
11020011	laakeri 72 24	4-5 viikkoa		
11020042	laakeri 73 24	4-5 viikkoa		
11100062	Mekaaninen tiiviste MS30/110 EB1PGG	4-5 viikkoa		
31160577	Tiivistetilan kanssi	4-5 viikkoa		
11120206	O-rengas 445X5 NBR70	4-5 viikkoa		
11120265	O-rengas 700,0 X 6,0	4-5 viikkoa		
11120158	O-rengas, 125X3,5	4-5 viikkoa		
11110053	Mekaaninen tiiviste. D 100. MG1s15/100-G28	4-5 viikkoa		
35070344	Juoksupyörä D=691mm	16 työviikkoa		
31050649	Pesä	16 työviikkoa		
11120126	O-rengas 325X5 NBR	4-5 viikkoa		
Uudemmat tulopumput (ABS AFP 6004 M3500/8-92-EX)				
tuotekoodi	Nimike	Toimitusaika	Varaosan toimittaja	
617 01 279	Akselitiivisteet	4-5 viikkoa	Sulzer pumps Finland Oy	
617 01 279	O-renkaat	4-5 viikkoa		
617 01 279	laakerit	4-5 viikkoa		
Ruuvipumppu 2				
tuotekoodi	Nimike	Toimitusaika	Varaosan toimittaja	
3217548 8314 (valmistusnumero, tilattaessa annettava)	sähkömoottori HXR 280 M C4 B3	8 viikkoa	ABB	
500001218	Kililahina SPB 2800	heti	ETRA	